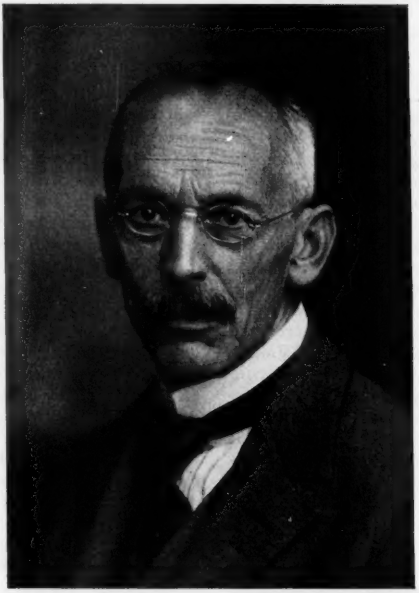
DIE NATURWISSENSCHAFTEN

28. Jahrgang | 15. November 1940 | Heft 46

Ludwig Jost zu seinem 75. Geburtstage.

Von Heinrich Walter, Stuttgart.

Am 13. November dieses Jahres feiert Professor Dr. Ludwig Jost in Heidelberg seinen 75. Geburtstag. Zahlreiche Schüler des In- und Auslandes, nicht nur diejenigen, denen es vergönnt ist, ihn persönlich zu kennen, sondern auch die sehr viel größere Zahl derer, die seinen Werken ihre Kenntnisse in Pflanzenphysiologie verdanken, gedenken in Dankbarkeit an diesem Tage ihres verehrten Lehrers. Wenn Jost 1915 von Pfeffer sagte: „Jeder, der sich mit Physiologie beschäftigt, mußte sein Schüler werden; ein Pflanzenphysiologe, der nichts von Pfeffer gelernt hätte, ist nicht denkbar", so gilt das in bezug auf ihn selbst in einem noch viel weiteren Sinne. Seitdem 1904 seine „Vorlesungen über Pflanzenphysiologie", die in fast alle Weltsprachen übersetzt wurden, zum ersten Male erschienen, gab es wohl kaum einen Botaniker, der sie nicht zum Studium der Pflanzenphysiologie benutzte und dem es nicht besondere Freude bereitete, seinen klaren, sachlichen und kritischen Ausführungen zu folgen. Als Verf. während des Weltkrieges mit dem Studium der Naturwissenschaften in Rußland begann, da war für ihn der Name Jost schon ein ganz bestimmter Begriff. Wie groß war deshalb seine Freude, als er 1920 seine erste Assistentenstelle gerade unter Josts Leitung antreten und 12 Jahre als dessen Mitarbeiter tätig sein durfte.



L. Jost

Seit der 10. Auflage des „Lehrbuches der Botanik für Hochschulen" im Jahre 1909 übernahm Jost auch die Bearbeitung des physiologischen Teiles durch 7 Auflagen hindurch und erweiterte dadurch seinen Einfluß als Hochschullehrer auf einen noch viel größeren Kreis.

Jost ist von Geburt Karlsruher und besuchte das Gymnasium seiner Vaterstadt. 1883 wandte er sich dem Studium der Naturwissenschaften an der Universität Heidelberg zu, an der damals als Botaniker Pfitzer lehrte. 1885 ging er an die Kaiser Wilhelm-Universität in Straßburg und arbeitete dort unter De Barys Leitung an seiner Doktordissertation über die Atmungsorgane der Pflanzen. Die überragende Persönlichkeit De Barys hinterließ einen nachhaltigen Eindruck bei dem jungen Studenten, wie aus der späteren Schrift von Jost (1930) „Zum hundertsten Geburtstag Anton De Barys" hervorgeht.

Straßburg sollte fortan auch Josts eigentliche Wirkungsstätte bleiben, bis er 1918 der Gewalt weichend auf Grund eines Ausweisungsbefehles diese Stadt verlassen mußte und in Heidelberg eine Zuflucht fand. Nur zweimal war er während dieser Zeit auch an anderen Hochschulen tätig: gleich nach der Promotion, als er bei Goebel in Marburg ein Semester lang Assistent war, und kurz bevor er die Nachfolge von Solms-Laubach in Straßburg antrat, als er einem Rufe an die Landwirtschaftliche Hochschule in Bonn folgte.

Der Zusammenbruch nach dem Weltkriege, der auch in seiner Familie eine bittere Lücke gerissen hatte, der Verlust des Elsaß und des geliebten Straßburgs lasteten auf Jost schwer und machten ihm das Eingewöhnen an der Universität Heidelberg, die ihn nach dem Tode von Klebs als dessen Nachfolger berief, unter den sehr viel ungünstigeren Arbeitsbedingungen nicht leicht. Wie groß muß heute die Freude des Jubilars darüber sein, daß das Jahr seines 75. Geburtstages mit dem Jahr der endgültigen Rückkehr Straßburgs in das Deutsche Reich zusammenfällt.

Es kann nicht die Aufgabe des Verf. sein, in diesem kurzen Aufsatz die wissenschaftliche Arbeit Josts als Forscher und Lehrer in ihrem ganzen großen Umfange zu würdigen. Es seien nur zwei der hervorstechendsten Merkmale seiner Forschertätigkeit hervorgehoben: das ist die Vielseitigkeit

der Arbeitsrichtung und die klare und stets sehr kritische Einstellung den verschiedensten Problemen gegenüber. JOST ist nicht der Begründer einer Schule, in der eine bestimmte Arbeitsrichtung bis in ihre letzten Konsequenzen verfolgt wird. Seine erstaunliche Literaturkenntnis ließ ihn die Unvollständigkeit der Lösung vieler Probleme mit kritischem Blicke erkennen und veranlaßte so ihn oder durch ihn seine Schüler immer wieder zur Arbeit auf den verschiedensten Gebieten.

Sein Hauptarbeitsgebiet ist die Physiologie im weitesten Sinne, denn auch bei den mehr anatomisch-entwicklungsgeschichtlichen Arbeiten herrscht fast immer eine bestimmte physiologische Fragestellung vor. JOSTS Lebenswerk fällt ja auch in den Zeitabschnitt der Botanik, in dem namentlich in Deutschland die Physiologie wohl den Höhepunkt ihrer Vormachtstellung errang. Unter den physiologischen Problemen sind es wieder diejenigen aus dem Gebiete der Reizphysiologie, die JOST besonders am Herzen liegen. Schon 1897 wendet er sich der Untersuchung der periodischen Bewegungen der Blätter von *Mimosa pudica* und 1898 den nyctitropischen Bewegungen zu. 1902 folgt die kritische Besprechung der Perzeption des Schwereizes, die die eigentlichen Untersuchungen über Geotropismus in den Jahren 1912 bis 1926 einleitet.

Waren JOSTS Kollegs durch ihren logischen Aufbau, die klare Sprache und die scharfe Kritik für den Hörer stets ein Genuß, so zeigte sich bei der Besprechung der Reizphysiologie, seines eigentlichsten Arbeitsgebietes, seine ganze Meisterschaft. Die Beschäftigung mit reizphysiologischen Fragen führte dann in den letzten Jahren seiner Hochschultätigkeit zu zellphysiologischen Untersuchungen über Potentialdifferenzen an Zellmembranen und nach der Emeritierung, als er seine Forschertätigkeit am Kaiser Wilhelm-Institut für medizinische Forschung zu Heidelberg fortsetzte, noch zu eingehenden Untersuchungen der Wuchsstoffe, über deren Physiologie 4 Arbeiten in jüngster Zeit erschienen.

In die Zeit zwischen die älteren und jüngeren reizphysiologischen Arbeiten fällt die Bearbeitung der ersten und zweiten Auflage seiner „Vorlesungen über Pflanzenphysiologie".

Durch seine große Objektivität in wissenschaftlichen Fragen und die Schärfe seiner Kritik, die zwar stets gerne die wirklichen Verdienste anderer anerkannte, sich aber niemals durch noch so geistreiche oder plausible Erklärungen blenden ließ, sondern stets die eindeutige experimentelle Begründung verlangte, war JOST wie kein anderer dazu berufen, eine zusammenfassende Darstellung der Pflanzenphysiologie zu geben. In diesen seinen Eigenschaften liegt auch der ungeheure Erfolg begründet, den seine „Vorlesungen" im In- und Auslande erzielten. Als dann vor zwei Jahrzehnten die Frage der Bearbeitung der 4. Auflage an ihn herantrat, da ließ ihm seine, in diesem Falle gewiß zu weit gehende Gewissenhaftigkeit es nicht möglich erscheinen, das Gesamtgebiet der inzwischen immer umfangreicher gewordenen Pflanzenphysiologie zu bearbeiten. Er behielt für sich nur den ihm näherliegenden Formwechsel und Ortswechsel und überließ den chemischen Teil seinem Freund BENECKE. Auch die Bearbeitung des physiologischen Teiles im „Lehrbuch der Botanik" lehnte JOST von der 17. Auflage an ab. Trotz aller Überredungsversuche ließ er sich nicht davon abbringen, daß eine jüngere Kraft eine vollständige Umarbeitung vornehmen müsse.

Es entsprach ganz seiner vielseitigen und großzügigen Persönlichkeit, daß JOST die Arbeitsrichtung seiner Assistenten niemals irgendwie zu bestimmen suchte. Im Gegenteil: er förderte, wo er nur konnte, ihre Eigenart und war stets mit seinem großen Wissen behilflich, wenn sie auch eine ganz andere Richtung einschlugen oder gar entgegengesetzter Meinung waren. Die botanischen Colloquien, die in den letzten Jahren auch im weiteren Kreise zusammen mit den benachbarten Hochschulen abgehalten wurden, erhielten durch die Persönlichkeit JOSTS, um den sich die Jüngeren scharten, einen ganz besonderen Reiz. Trotz des großen Altersunterschiedes und seines abgeklärten Wissens ließ JOST dabei durch seine liebenswürdige, humorvolle Art in Diskussion und bei geselligem Beisammensein nie das Gefühl des Abstandes aufkommen. Er war für uns Jüngere stets der väterliche Freund.

JOSTS Emeritierung fiel in eine bewegte und für die Hochschulen kritische Zeit, in eine Zeit, da jüngere Kräfte ungestüm vorwärts drängten und dabei dem Alter nicht immer die Ehrerbietung entgegenbrachten, auf die es auf Grund seiner Leistungen Anspruch hatte. Daß aber die deutsche Hochschule und damit die deutsche Wissenschaft auch in der Zeit des Niederganges und der Zersetzung in ihrem eigentlichen Kern gesund blieb und die Krise überwand, das verdanken wir gerade solchen Männern wie JOST, die keinen Wert darauf legten, in der breiten Öffentlichkeit sich feiern zu lassen, die ihre fruchtbare wissenschaftliche Arbeit nicht um der Ehre und nicht um eines Vorteils willen, sondern aus reiner innerer Berufung heraus leisteten.

Wie sehr aber auch diese Männer unter der Schmach des Vaterlandes litten und sich nach einer Erneuerung Deutschlands sehnten, geht aus den Worten hervor, die JOST am Schlusse seiner Rede zur Reichsgründungsfeier am 18. Januar 1930 in bezug auf das deutsche Volk sagte: „Es muß geführt werden von einem Mann, vor dessen Führereignung alle sich beugen. Möge unser Volk den Führer finden, der es hinausführt aus aller inneren, aus aller äußeren Not — möge es ihn bald finden." Diesen Führer hat das deutsche Volk gefunden in einer Größe, wie es niemand zu hoffen wagte!

Der Wunsch, den wir heute JOST zu seinem 75. Geburtstage aussprechen, ist, daß ihm noch viele Jahre beschieden sein mögen, daß er im Großdeutschen Reich eine neue Blüte der deutschen Wissenschaft, auch an seiner früheren Wirkungsstätte, dem wieder deutschen Straßburg, noch lange miterlebt.

Kausalität oder Freiheit als Grundlage der Wahrscheinlichkeitsrechnung in der Physik?

Von ALOYS WENZL, München.

Als M. PLANCK die Physik des 20. Jahrhunderts mit der Lehre von den Energiequanten einleitete, also mit dem Ansatz sprunghafter Übergänge einer immer durchaus stetig gedachten Größe, da vollzog er den Bruch mit einem Grundsatz, der das naturwissenschaftliche und naturphilosophische Denken der ganzen Neuzeit wie selbstverständlich beherrschte und in der Differentialrechnung sich ein glänzendes methodisches Instrument geschaffen hatte, mit dem Grundsatz, daß die Natur keine Sprünge mache, dem Grundsatz der *Kontinuität*. Die Einführung der Lichtquantenhypothese, das BOHRsche und SOMMERFELDsche Atommodell waren weitere Schritte auf diesem Wege, und in jedem dieser Fälle führte der Bruch mit der überlieferten Kontinuität zu dem heute noch schwebenden Problem, wie diese neuen Lehren verträglich seien mit den doch auch wohlbewährten Kontinuitätstheorien, der Wellenlehre des Lichts einerseits, den Folgerungen aus der MAXWELLschen Theorie andererseits, die keine strahlungsfreien Zustände bewegter Ladungen und keine sprunghaften Übergänge kennt[1]). Die theoretisch wichtigste zweite Phase aber vollzog sich mit der Aufstellung der *Unsicherheitsrelation* durch HEISENBERG 1926: Das Wirkungsquantum PLANCKS gibt die Grenze der Meßbarkeit an: jede Messung ist grundsätzlich verbunden mit einer Ungenauigkeit des Ortes Δq und einer solchen des Impulses Δp[2]) derart, daß

$$\Delta q \Delta p \geqq h.$$

Jede Messung der Energie und der Zeit ist mit Ungenauigkeiten ΔE und Δt verbunden derart, daß

$$\Delta E \Delta t \geqq h.$$

Damit ist als noch wichtigere Grundlage des geltenden naturwissenschaftlichen Weltbildes der *Determinismus* erschüttert. HEISENBERG selbst sprach in aller Schärfe von der definitiven Feststellung der Ungültigkeit des Kausalgesetzes. Aber er tat es im Grunde in der *positivistischen* Einstellung, daß die Aussage, alles Geschehen sei kausal determiniert, sinnleer sei, wenn wir nicht nur jetzt, sondern grundsätzlich diese Kausalität nicht feststellen könnten. Das ist eine ähnliche Einstellung, wie sie schon LICHTENBERG zu der witzigen Frage führte: „Können Mädchen im Dunkeln erröten?" Aber so paradox es klingt, wir möchten doch glauben, daß es nicht sinnlos ist, Mädchen zu unterscheiden, die im Dunkeln nicht erröten, und andere, die auch im Dunkeln erröten können, wenn wir es auch nicht feststellen und darum nicht mehr erröten heißen können. Nun, entsprechend meinen die Deterministen, daß aus der Nichtfeststellbarkeit nicht die objektive Unbestimmtheit folgt, daß vielmehr nichtsdestoweniger in Wahrheit alles Geschehen streng kausal ablaufe. Freilich behaupten sie, wie S. A. EDDINGTON in einem ebenfalls sehr witzigen Gleichnis in „Naturwissenschaft auf neuen Bahnen" klar macht, damit mehr, als sie wissen können, und sie sollen darum nicht tun, als ob *sie* diejenigen seien, die keine Annahmen machen und die weniger behaupten als ihre Gegner, die aus der Unsicherheitsrelation auf eine Freiheit des Geschehens im Mikrophysikalischen schließen. Aber der Streit in der Deutung zeigt gerade, daß das menschliche Denken bei der positivistischen unnatürlichen Denk- und Sprechweise einfach nicht stehenbleiben kann; man kann höchstens, wenn man gar keine Hinweise findet, die für die eine oder andere Antwort sprechen, sagen, man muß mit beiden Möglichkeiten rechnen.

So ist denn auch die Frage nicht zur Ruhe gekommen. Unter den deutschen theoretischen Physikern stellen etwa PLANCK und JORDAN die beiden Gegenpole dar. PLANCK will grundsätzlich am Determinismus festhalten, er fordert ihn und empfiehlt seine Forderung durch den Hinweis auf die Notwendigkeit des Kausalgedankens als Triebkraft der Forschung. Diese *heuristische* Rolle bestreitet niemand; aber sie kann ihre Grenzen haben, und JORDAN z. B. sieht in der grundsätzlichen Begrenztheit der Feststellung durch die universelle Konstante h gerade diese Grenze.

Die beiden konträren Deutungen müssen also nach Hinweisen für ihre Haltung suchen.

Und einen solchen Hinweis zu ihren Gunsten sehen nun die *Deterministen* in der Tatsache, daß die Unsicherheitsrelation einen störenden Eingriff in das Geschehen voraussetze. Sie suchen — wie wir bald sehen werden, ein wenig einseitig — die von HEISENBERG formulierte grundsätzliche Unbestimmtheit auf Unbestimmbarkeit zurückzuführen und die Ungenauigkeit zu erklären nach Analogie psychologischer Experimente als *Folge des Eingriffes*, der mit einer Beobachtung im elementaren Bereich verbunden ist: Indem wir eine Beobachtung machen, stören wir gleichzeitig den Zustand oder Vorgang, den wir beobachten wollen. HEISENBERG selbst hat zu dieser meist allzu summarisch behandelten Lösung das Stichwort gegeben durch das klassisch gewordene Beispiel des Gedankenexperiments mit dem *γ-Strahlenmikroskop*. Je genauer ich den Ort eines Elektrons aufs Korn nehmen will, um so kurzwelligeres Licht

[1]) In der umgekehrten Richtung bewegte sich die Anwendung von Wellenvorstellungen auf die diskreten Materieelemente durch DE BROGLIE.

[2]) Impuls ist Masse mal Geschwindigkeit; die Ungenauigkeit bezieht sich auf Betrag und Richtung der Geschwindigkeit.

muß ich verwenden (wegen der Beugung); der Ort wird dann bis auf einen sehr kleinen Bereich Δq bestimmt, das Elektron „gesehen" (als kleine Beugungsfigur); je kurzwelliger aber das zur Beleuchtung des Elektrons verwendete Licht ist, um so größer ist der Einfluß des Impulses der Strahlung, um so ungenauer daher (wegen des Comptoneffektes) die Impulsbestimmung des Teilchens, das einen Rückstoß erfährt; um so größer also wird Δp, und der Betrag des Produktes $\Delta q \Delta p$ ergibt sich zu h.

Heißt das nun aber eine Kausalerklärung? Wenigstens grundsätzlich, so daß wir annehmen dürfen, das Elektron habe ebenso wie das Lichtquant einen bestimmten Ort und einen bestimmten Impuls (nach Größe und Richtung der Geschwindigkeit) vor, während und nach dem Elementarakt? Nun das heißt es offenbar nicht. Was wir sagen können, ist nur dies: Infolge der von der Wellennatur des Lichtes geforderten Beugung wird der Ort ungenau (von der Größenordnung λ); infolge der Korpuskelnatur erfährt das Quant bei der Streuung am Elektron eine Impulsänderung (von der Größenordnung h/λ); daher wird auch der Rückstoß des Elektrons von dieser Größenordnung. Und Beugung und Comptoneffekt zusammen ergeben eine Ungenauigkeit h auf Grund des Zusammenhangs von Wellen- und Korpuskelnatur. Ob aber Beugung und Streuung bzw. Rückstoß gerade so erfolgen, wie sie erfolgen müssen, nur daß sich das unserer Beobachtung entzieht, oder ob die Beugung und Streuung für jedes Lichtquant innerhalb eines durch h gelassenen Spielraums frei sind, das müssen wir offen lassen, darüber ist durch den Hinweis auf die Störung gar nichts ausgemacht.

Nun stehen aber diesem Fall, wo immerhin das Argument, daß Gegenstand der Beobachtung und Gegenstand der Störung örtlich zusammenfallen, noch plausibel klingt, andere Fälle gegenüber, die in der Diskussion meist beiseite oder in den Hintergrund geschoben werden und in denen von einem eigentlichen Eingriff nicht gesprochen werden kann, z. B. die Tatsache der Breite der Spektrallinien und als durchsichtigster Fall die *Spaltbeugung*. Gewiß sind die Spalte, in der Regel wenigstens, absichtlich aufgestellt, damit sich etwas ereignet, was uns interessiert; aber was sich ereignet, ereignet sich doch tatsächlich objektiv und betrifft auch nicht einen Elementarakt zwischen 2 Individuen, sondern die *Verteilung* der Lichtquanten nach der Beugungsregel. Das viel gebrauchte Beispiel von dem *psychologischen Experiment* hinkt. Wir müssen es uns einmal genauer ansehen. Nur wenn ich die Versuchsperson (die auch ich selbst sein kann) frage: „Was hast du für ein Erlebnis jetzt?", modifiziere ich ihren inneren Zustand so, daß ich keine klare Antwort erhalten kann. Die Psychologie wählt daher 2 Auswege: 1. Das Verfahren der rückschauenden Selbstbeobachtung: „Was hattest du in der Situation für ein Erlebnis?" Bei diesem Verfahren, das wir mit dem Elektron nicht anstellen können, ist die Antwort nur mit einem möglichen Erinnerungsfehler behaftet; 2. das unwissentliche Verfahren: Die Vp. weiß nicht, daß sie Vp. ist. Ich bringe jemand in eine Situation, von der er nicht weiß, daß sie künstlich gestellt ist, und beobachte sein Verhalten, ohne daß er weiß, daß ich ihn beobachte. Das ist theoretisch der Fall des sog. *Behaviorismus*, praktisch ein in modernen Eignungsprüfungen oft angewandtes, im Grund altes pädagogisches Verfahren. Und dies — nicht der Fall der Selbstbeobachtung und auch nicht der Fall der Beobachtung eines Erlebnisses, das ich beeinflusse, ist das wirkliche Analogon zu den Beispielen der Mikrophysik. Hier aber wird klar, daß die bloße Herstellung der Bedingungen eines Geschehens, z. B. der Anbringung eines Spaltes oder einer Hürde, noch keine Störung des Geschehens ist, die eine Subjektivität der Beobachtung bedingte. Der viel berufene Störungseingriff besteht also darin, daß wir 1. durch eine getroffene Anordnung veranlassen, *daß* etwas geschieht, *daß* Elementarakte sich abspielen, 2. daß wir die Bedingungen so *variieren* können, daß von zwei zusammengehörigen Bestimmungsstücken das eine einen sehr kleinen Spielraum hat; es erweist sich dann ein um so größerer für das andere. Ob aber diese reziproken Spielräume nur scheinbar sind oder ob in der Tat für jeden Elementarakt der Ort und Impuls, den wir um der Anschaulichkeit willen und auf Grund der klassischen Denkweise jedem Element jederzeit zuschreiben möchten, „verschmiert" sind, so daß sich für die Wirkung im ganzen mindestens ein Wirkungsquant ergibt, ob also die Elementarakte mehrdeutig oder eindeutig sind, das können wir nicht zwingend sagen, diese Frage wird auch durch den Hinweis auf die Störung nicht erledigt.

Für die *Auffassung des Indeterminismus*, wie sie z. B. von JORDAN vertreten wird, wird nun geltend gemacht:

1. Daß das *letzte*, worauf wir stoßen, *Gleichungen für Wahrscheinlichkeiten* sind, die JORDAN für abschließenden Charakters hält, daß also nach dem Stand der Forschung die Wahrscheinlichkeit nicht eine sekundäre, wenigstens grundsätzlich aus Kausalität herleitbare ist, sondern eine *primäre*, die Kausalität im Makrophysikalischen erst begründende ist.

2. Für die Endgültigkeit scheint weiter zu sprechen, daß die HEISENBERGsche Unsicherheitsrelation nicht als technisches Fehlergesetz menschlicher Unzulänglichkeit auftritt, sondern als *Naturgesetz* mit einer *universellen Naturkonstanten*. Wenn PLANCK einmal gesagt hat, zu jedem Relativen gehöre ein Absolutes, und dabei die Messungen der Relativitätstheorie meinte, die relativ zum Bezugssystem sind, während das Absolute die Invarianten des vierdimensionalen Kontinuums sind, so müßte man hier sagen, zu jeder durch die Vorrichtung bedingten Aufspaltung des Geschehens nach Ort und Impuls gehört als Absolutes die

[übrigens ebenfalls vierdimensionale[1]] „Wirkung". Die Unsicherheiten sind also etwas von der Diskontinuität der „Wirkung" geradezu Gefordertes.

3. Einen Sonderhinweis sieht JORDAN noch in der Tatsache, daß der *radioaktive Zerfall* sich mit der Zeit nicht zu ändern scheint: Ein radioaktives Atom hat heute und in 1000 Jahren dieselbe Wahrscheinlichkeit des Zerfalls innerhalb eines Tages; ein Mensch aber wie jedes an Kausalität gebundene Gebilde ändert die Wahrscheinlichkeit seines Zerfalls durch seine Vorgeschichte. Ein zweites Beispiel, das ich hier nur erwähnen will, sieht JORDAN in der Anwendung des Polarisationsexperimentes an 2 Nicols auf 1 Lichtquant. (Physik des 20. Jahrhunderts 1936, S. 92.)

Wenn wir aber nun die Wahrscheinlichkeit als primär annehmen und die Grundgleichungen der Quantenphysik als Wahrscheinlichkeitsgleichungen auffassen, so erhält der Versuch, die Kausalität grundsätzlich wenigstens durch den Hinweis auf das Störungsargument zu retten, ein anderes Gesicht; es zeigt sich dann, daß die von HEISENBERG selbst eingeführte Interpretation der Unsicherheitsrelation aus einer positivistischen Einstellung der Zeit entsprungen ist.

Sehen wir nämlich nochmals genau zu, wie es eigentlich bei der Spaltbeugung und beim γ-Strahlenmikroskop ist! Bedeutet die Wellenlänge den Bereich, innerhalb dessen das Auftreten eines Korpuskels mit Wahrscheinlichkeit zu erwarten ist, so wird nach den Gesetzen für Welleninterferenz die Beugung am Spalt um so größer, je größer die Wellenlänge ist. Die Unsicherheitsrelation ergibt sich einerseits aus der mit dem Licht verbundenen „Wahrscheinlichkeitswelle", andererseits aus dem Ansatz für den Impuls eines Lichtquantes $p = h/\lambda$; entsprechend aber ist es auch beim γ-Strahlenmikroskop[2]): Der Spielraum für den Ort des bestrahlten Teilchens Δq ist proportional zu λ und zurückzuführen auf die Beugung an der Blende des Mikroskops; der Spielraum für den Impuls des Teilchens Δp ist zurückzuführen auf den Streuungsakt, bei dem der Impuls $p = h/\lambda$, je nach der Wellenlängenänderung des Lichtes, eine unbestimmte Änderung erfährt und also auch dem Elektron ein dem Betrag und der Richtung nach unbestimmter Rückstoß erteilt wird.

Die Ungenauigkeit ist also die Folge davon, daß das Photon durch die Welle nicht völlig determiniert wird; die Ungenauigkeiten sind ebenso wie die Unsicherheitsrelation selbst also das Abzuleitende, und das Primäre ist, daß zu jedem Korpuskel, das Träger einer Energie E ist, eine Welle gehört von der Länge λ, derart, daß $\frac{E \cdot \lambda}{c} = h$ ist.

[1]) Energie mal Zeit ist vierdimensional, wenn man die Energie als erfüllten Raum betrachtet.

[2]) einem „Gedankenexperiment", denn in Wirklichkeit gibt es kein Röntgenstrahlenmikroskop und keine Linsen für γ-Strahlen; eben darum ging ja die Entwicklung vom optischen zum Übermikroskop (Elektronenmikroskop) über.

Der *Kern* ist, daß *zu jeder Korpuskelhaftigkeit* (jeder korpuskularen Energie bzw. Masse) *ein Spielraum* (eine Wahrscheinlichkeitswelle), anders ausgedrückt, *zu jeder Elementarqualität* eine *Raum-Zeit-Verteilung* gehört, und daß *dieser* Zusammenhang durch h geregelt ist.

Und die wichtigste Frage, die entscheidende, nun ist die, ob *primäre Wahrscheinlichkeit ein erlaubter Begriff* ist; denn das wäre der einzige Verbotsgrund, daß sie eine Denkwidrigkeit sei. Dieses Gefühl (denn so scharf ausgesprochen pflegt es nicht zu werden), ist denn auch der tiefste Grund für eine Ablehnung der indeterministischen Deutung, für die immerhin gewichtige Gründe sprechen; ihm werden wir uns jetzt zuzuwenden haben und im Zusammenhang mit ihm der Frage, welche Realität wir dann der Wahrscheinlichkeitswelle zuzuschreiben hätten.

Die Frage ist also: Setzt Wahrscheinlichkeit Determination voraus oder kann sie primär sein? Und kann dabei trotzdem sich eine Gesetzmäßigkeit ergeben? Wir können nicht anders, falls wir die Denknotwendigkeit oder Denkmöglichkeit prüfen wollen, als ein psychologisches Gedankenexperiment machen. Der mathematische Begriff geht ja, wie alle inhaltliche Begriffsbildung, auch der Physik, letzten Endes zurück auf etwas erlebnismäßig Auffindbares oder doch eine Analogie dazu. Wir müssen also, wenn wir eine Wahrscheinlichkeitsrechnung auf dem Begriff der Gleichmöglichkeit aufbauen, uns auf die menschliche Wahlfreiheit besinnen, ohne irgendeine Bezugnahme auf ethische Wertigkeit, um die Diskussion nicht zu erschweren — in der Tat war ja auch die Entstehung der Wahrscheinlichkeitsrechnung am Glücksspiel, also menschlicher Handlung, orientiert: Ich stehe vor der Notwendigkeit, mich für etwas zu entscheiden, aber ich habe keine Motive, unter mehreren Möglichkeiten die eine zu wählen, oder ich kann das, was für die eine oder andere Wahl spricht, in keiner Weise abschließend überschauen. Solche Fälle von Motivlosigkeit, sich widersprechenden gleich starken Motiven (wie beim Esel des Buridan), einer labilen Motivlage also, oder unüberschaubarer Folgen, also der Ratlosigkeit, kommen sowohl in der Praxis vor, wie sie im Experiment herstellbar sind, sie sind ganz gewiß wiederspruchsfrei denkbar. Ich soll mich z. B. entscheiden, p oder q, 16 als Potenz 2^4 oder 4^2 zu schreiben. Schreibe ich p, so muß der Determinist mir einen *unbewußten* Grund unterstellen. Er wird etwa sagen, wenn er Psychoanalytiker ist, ich hätte einen Vaterkomplex, darum schreibe ich p (unbewußtes Darandenken). Schreibe ich aber q, dann wird er das gleiche sagen (unbewußte Ablehnung). So kann man alles machen, aber das sind keine Hypothesen von Wert. Obendrein müßte ich aus nichts als aus Komplexen bestehen, denn ich kann ja für die Wahl beliebige andere Argumente nehmen. Wenn ich mich aber zu dem bekenne, was ich tatsächlich erlebe, hört dann nicht jede Voraussagbarkeit, jede wissenschaftliche Be-

handelbarkeit auf? Man könnte erwidern, sie hat nur ihre Grenze, wenn die labilen Fälle, die Fälle gleicher Möglichkeit selten sind. Aber wie komme ich dann zu zahlenmäßigen Wahrscheinlichkeitsaussagen?

Erste *logische Voraussetzung* für eine abschätzende, abzählende Wahrscheinlichkeitserwägung im ursprünglichen Sinn scheint jedenfalls zu sein, daß es Fälle gibt, in denen a) eine Entscheidung getroffen werden muß, b) mehrere Möglichkeiten gleich sind, c) ein Wesen da ist, das eine Entscheidung treffen kann.

Nehmen wir an, für den Eintritt eines Ereignisses *E* bestehen drei gleiche Möglichkeiten, für den Eintritt des entgegengesetzten *F* zwei. Was ist dann vom einzelnen Individuum zu erwarten und was wird eine große Anzahl von Individuen tun? Die Wahrscheinlichkeitsrechnung sagt, nach dem Gesetz der großen Zahl wird sich allmählich ein Verhältnis 3 : 2 herausstellen. Aber ist das selbstverständlich? Wie kommt es, daß sich die Wirklichkeit nach der Idee der Mathematik richtet? Und daß uns das so selbstverständlich scheinen möchte, oder wenn wir vorsichtig sind, wenigstens so „wahrscheinlich" im Alltagssinn des Wortes? Wir sind also bei der umstrittenen und (auch im Zusammenhang mit dem Induktionsschluß) oft erörterten Grundlagenfrage des Wahrscheinlichkeitsbegriffs und der Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf die Wirklichkeit angelangt, beim BERNOULLIschen Problem kann man sagen.

Seit Beginn der Wahrscheinlichkeitsbetrachtung ist damit gerungen worden und hat sich um diesen Punkt der Streit gleichermaßen der Mathematiker wie der Philosophen gedreht. Die sog. Subjektivisten, vertreten etwa von C. STUMPF, haben die Wahrscheinlichkeitsbetrachtung und ihr Ausgehen von Gleichmöglichkeiten auf ein „Prinzip des mangelnden Grundes" im Sinne eines absoluten Nichtwissens zurückzuführen versucht. Mit Recht wird diese „Begründung" von CZUBER bestritten, und mit Recht bezeichnet EDDINGTON einmal als Gipfel des Unsinns, Aussagen zu machen, wenn wir gar nichts wissen. So war denn auch der Begriff der Gleichmöglichkeit gar nicht gemeint; wo er sinnvoll angewendet wird, schwebt demjenigen, der ihn verwendet, nicht ein Prinzip des mangelnden Grundes im subjektiven Sinn, sondern des unzureichenden Grundes im objektiven Sinn vor. Dagegen müssen nun wiederum die grundsätzlichen Deterministen Einspruch erheben. Ihnen gegenüber fragt H. WEYL in der „Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaften", ob es denn nicht vernünftiger sei, die Wahrscheinlichkeit hinzunehmen als ein nicht weiter zu reduzierendes Element der Natur, als „Urbegriff". „Für die atomaren Einzelvorgänge bestehen apriorische Wahrscheinlichkeiten, die durch Naturgesetze bestimmt werden." Das heißt aber, konsequent durchgedacht, wiederum sich zum Indeterminismus bekennen. Versuchen wir, uns daher selbst über den beiderseitigen Standpunkt Klarheit zu verschaffen!

1. Der *Determinist* wird sagen: Es handelt sich in Wahrheit gar nicht um *gleiche* Möglichkeiten, das ist eine Fiktion; streng genommen ist schon der Begriff der Möglichkeit eine Fiktion. Die Wahrscheinlichkeitsrechnung bzw. ihre Anwendung setze das Kausalgesetz schon voraus, der Zufall sei, wie H. BERGMANN es ausdrückt, nur eine Außenfassade. In Wirklichkeit bedeute die Redeweise von 3 Möglichkeiten für *E*, 2 für *F* nichts anderes, als daß unter einer sehr großen Anzahl von Fällen *E* $1^1/_2$mal so oft vorkomme als *F*, weil die uns im einzelnen nicht bekannten aber doch bestehenden Abweichungen zugunsten von *E* $1^1/_2$mal öfter vorkommen als zugunsten von *F*. Dagegen ist nichts zu sagen, wenn es sich um sog. *aposteriorische* Wahrscheinlichkeit handelt, d. h. wenn ich in einer großen Anzahl von Fällen die Abweichungen nach der einen Richtung vom Durchschnitt oder von der Gleichverteilung schon $1^1/_2$mal so oft erfahren habe und diese Erfahrung auf eine gleichartige Menge, auf eine andere große Zahl des gleichen Kollektivs übertrage. Diesen Fall will dann MISES allein gelten lassen (während z. B. FECHNER von einem sehr richtigen Gefühl geleitet ist, wenn er ihn einschränkend als Kollektivmaßlehre absondert). Aber es gibt doch auch Fälle, auf die diese Umdeutung dessen, was wir eigentlich meinen, nicht zutrifft, Fälle, in denen auch der Determinist apriorische Aussagen macht, in denen es ihm „einleuchtet", wie EDDINGTON sich einmal ausdrückt, daß eine Anzahl von Möglichkeiten gleich wahrscheinlich ist. Auch der Determinist wird erwarten, daß bei einer großen Zahl von Würfen mit einem als „richtig" schon erprobten Würfel, mit großer Annäherung $^1/_6$ der Würfe 1 ergibt. Er wird hinzudenken müssen: Weil die Abweichungen zugunsten von 1 im 6. Teil aller Fälle vorkommen werden, und er wird diese Abweichungen im wesentlichen in den menschlichen Wurfbewegungen suchen müssen. Aber das ist doch nicht selbstverständlich, sondern höchst merkwürdig. Er macht also stillschweigend die Voraussetzungen: 1. daß jede bewußte und unbewußte, spielerisch oder bewußt, aber grundlos wählende Bewegung determiniert ist und im Sinne des von SMOLUCHOWSKI besonders betonten Grundsatzes „kleine Ursachen, große Wirkungen" das Ergebnis bestimmt; 2. daß alle Determinationen gleich oft vorkommen, alle möglichen Verhaltungsweisen gleich oft eingenommen werden. Das tritt noch schärfer heraus, wenn wir 60 Millionen Menschen würfeln lassen wollen. Erwartet der Determinist, das sich $^1/_6$ aller Würfel für 1 ergeben, so setzt er Gleichverteilung der determinierenden Bedingungen über das ganze Kollektivum voraus. Und wenn wir annehmen, daß um einen Schützen im Kreis herum 5000 weiße und 1000 auf der Rückseite schwarze Scheiben angebracht sind und er ganz willkürlich die Richtung wählen und wechseln soll, so setzt die Erwartung des Deterministen, daß er 5mal so oft weiß als schwarz treffen werde, voraus, daß die die Rich-

tungswahl determinierenden Bedingungen über den ganzen Kreis hin gleichmäßig verteilt sind. Wenn nun gar „Erscheinungen verschiedenster Art einem allgemeinen Gesetz unterworfen sind, das man ‚Gesetz der großen Zahlen' heißen kann", wie sich schon POISSON (1837) ausdrückt, so kann man sagen, daß der Determinist mit seiner zweiten Voraussetzung, der Annahme der Gleichverteilung unregelmäßiger Ursachen, eine metaphysische Aussage über den Bau dieser Welt macht, sobald er über die Feststellung schon gemachter Erfahrungen hinausgeht. Zu seinen beiden positiven Annahmen kommt aber noch eine dritte, negative, ebenfalls metaphysische Annahme, daß es nämlich gleiche Möglichkeiten und dennoch ein Geschehen in der Wirklichkeit nicht gebe.

Wie stellt sich demgegenüber der *Indeterminist?* Nun, er bestreitet zunächst natürlich die Ausschließung wirklich gleicher Möglichkeiten und betont ihre Tatsächlichkeit im erlebbaren Wahlakt. Und er behauptet, daß die Konzeption der Wahrscheinlichkeitsrechnung gerade an den idealen, zweifellos widerspruchfrei denkbaren Fall der gleichen Möglichkeiten geknüpft sei, und zwar in der für die grundlegenden Bereiche der Mathematik überhaupt kennzeichnenden Übereinstimmung von strenger Methodik und von psychologischem Takt für die Anwendbarkeit. Er wird auch bestreiten müssen, daß der Sinn des Wortes „wahrscheinlich" im gewöhnlichen, aber durchaus nicht verdächtigen Gebrauch des gesunden Menschenverstandes, nämlich im Sinne von „nicht sicher, aber vernünftiger Weise zu erwarten" und der Sinn zahlenmäßiger Wahrscheinlichkeit auseinanderfällt, er wird ihn darin sehen, daß ich mit etwas „rechne", wenn ich es wahrscheinlich heiße, im allgemeinen qualitativ, in der Mathematik quantitativ. Er kann sich etwa darauf berufen, daß jeder schon in einem *einzigen* Fall, in dem von vielen Möglichkeiten, die er für gleich schätzt, eine größere Zahl von vornherein für *E* spricht als für *F*, *E* „*eher*" erwarten darf als *F*, daß z. B. jeder wetten würde, wenn auf einem Umkreis unter 1000 vorne und hinten weißen Scheiben eine auf der Rückseite schwarz ist, daß er dann bei willkürlicher Wahl der Richtung weiß treffen würde, wenn auch nicht sein ganzes Vermögen; ganz sicher aber würde er *so* wetten, wenn er überhaupt wetten müßte. Wenn er den Grad seiner Erwartung durch das Verhältnis 1000 : 1 ausdrückt, so meint er schon in einem einzigen Fall nichts als das *Verhältnis* der für gleich erachteten Möglichkeiten. Und dieses Verhältnis ändert sich durch Wiederholung nicht, wenn jede Wahl unabhängig von dem Erfolg der vorausgegangenen erfolgt. Wenn er trotzdem erwartet, daß unter einer Million Richtungswahlen oder von einer Million Schützen, deren jeder willkürlich wählt, rund 1000 Treffer auch auf Schwarz fallen, wenn also auch er an das Gesetz der großen Zahl glaubt, dann tut er es, weil er eine zwar bunte, aber ungefähre Gleichverteilung der Wahlen auf die gleichen Möglichkeiten voraussetzt[1]). Wäre die Wirklichkeit ein reines *Chaos*, so wäre zwar für ihn *trotzdem* in jedem Einzelfall das Ereignis, für das die Mehrzahl der Möglichkeiten spricht, eher zu erwarten als sein Gegenteil, aber bei einer großen Zahl von Wahlen nur ein chaotisches Ergebnis.

Man kann den Unterschied zwischen dem deterministischen und indeterministischen Standpunkt also folgendermaßen charakterisieren:

	Einzelfall:	*Kollektiv:*
Determinist.	Mehrere gleiche Möglichkeiten gibt es in Wirklichkeit nicht und darum keine Freiheit und keine sinnvolle apriorische Erwartung.	Das Gesetz der großen Zahlen ergibt sich aus der Gleichverteilung der Abweichungen von der scheinbaren Gleichheit.
Indeterminist.	Mehrere gleiche Möglichkeiten sind der Wahrscheinlichkeitslehre zugrunde gelegt und mindestens am eigenen Erleben verbürgt; es gibt daher für jeden solchen Fall Freiheit und eine sinnvolle Erwartung, daß etwas eher eintreten werde als nicht, obwohl es nicht eintreten müsse.	Das Gesetz der großen Zahlen beruht auf der ungefähren Gleichverteilung der Wahlen über gleiche Möglichkeiten.

Die Vertreter beider Anschauungen machen also, sobald sie *Voraussagen* machen, eine sozusagen metaphysische Annahme über die Struktur der Welt[2]), und, um auf den Satz von EDDINGTON

[1]) Sehr aufschlußreich und interessant wäre in diesem Zusammenhang eine Analyse der Kartenversuche, die Professor RHINE von der Duke-Universität in Amerika veranstaltet und in einem Buch „Neuland der Seele" veröffentlicht hat, um hellseherische Fähigkeiten durch starkes Abweichen von der nach dem Gesetz der großen Zahlen zu erwartenden Wahrscheinlichkeit festzustellen; aber das würde hier zu weit führen.

[2]) Der Würzburger Psychologe K. MARBE hat im Zusammenhang mit statistisch-psychologischen Methoden das Problem der „Gleichförmigkeit in der Welt" behandelt und dabei folgendes paradoxe Beispiel zur Diskussion gestellt: Ein Mann, dessen Frau ein Kind erwartet mit dem Wunsch, es möge ein Sohn werden, entnimmt dem Geburtenregister seiner Stadt, daß die letzten 17 Geburten Mädchen gewesen seien. Er erwartet daraufhin mit Sicherheit einen Buben, denn, so schließt er: Unter 200000 standesamtlichen Eintragungen (die Professer MARBE daraufhin untersucht hat) finden sich nur ein einziges Mal 17 Mädchengeburten hintereinander, 18 dagegen überhaupt nicht; es ist nicht anzunehmen, daß dieser allerseltenste Fall gerade ihm passieren sollte. MARBE findet diese Erwägung nicht so ganz töricht, sie ist es aber doch. Die Statistik zeigt gerade, daß die Geburten hinsichtlich des Geschlechtes tatsächlich ein Kollektiv bilden, auf das die Wahrscheinlichkeitsrechnung annähernd im Verhältnis 1 : 1 angewendet werden kann, so daß in den freilich seltenen Fällen, wo nach 17 weiblichen Geburten unter 200000 ein Vater ein Kind erwartet, er es ebenso wie jeder andere mit der Erwartung $^1/_2$ zu tun hat. (Vgl. R. v. MISES in Naturwiss. 1919.)

nochmals hinzuweisen, der Indeterminist behauptet nicht *mehr*, sondern weniger als der Determinist. Für ihn sind die Begriffe möglich und wahrscheinlich sinnerfüllte bedeutungshaltige Urbegriffe[1]) und seine Aussagen einfacher, anspruchsloser und, wie er glaubt, wenigstens einem Bereich der Wirklichkeit angemessener, sicher dem erlebbaren.

Die entscheidende Frage ist nun aber die: Ist sein Standpunkt wirklich *klar?* Ein logisches Verbot ist nicht sichtbar. Aber *wie* ist die ungefähre Gleichverteilung der Wahlen über die jedenfalls praktisch gleichen Möglichkeiten denkbar, anders ausgedrückt: ***Wie ist Freiheit im einzelnen Fall und Erfüllung des Gesetzes der großen Zahl vereinbar?*** Sie folgen nicht auseinander, widersprechen sie sich darum? Die Frage, ob denkbar oder nicht, kann wohl nur entschieden werden, wenn wir die Frage, „wie vorstellbar" beantworten. Wir können es anschaulich nur durch Bezugnahme auf den Menschen, durch ein „argumentum ad hominem". Nun, wie sehr sich die Menschen in einem Kollektivum auch bewußt sind, determiniert zu werden, so haben sie doch die Überzeugung eines gewissen Spielraums ihrer Bewegung, und diese Überzeugung können wir jedenfalls ohne alle logische Unsauberkeit und mit dem Zugeständnis gelegentlicher Selbsttäuschungen als richtig mindestens unterstellen, sagen wir z. B. in bezug auf die Wahl des Sonntagsausfluges von Großstädtern. Trotzdem könnten die Verkehrseinrichtungen mit einer ungefähren richtigen Verteilung auch dann rechnen, wenn wirklich alle, was viele einzelne tun, nach manchem Schwanken willkürlich sich entscheiden würden, falls nämlich Wege, Möglichkeiten also, sich durch Wahrnehmung oder Vermutung oder telepathische Übertragung, Hellsehen als schon besetzt und dadurch erschwert erweisen; die Ausflügler würden sich dann trotz freier Wahl ungefähr auf die vorhandenen Möglichkeiten gleichmäßig verteilen, aber nur ungefähr, denn an sich könnten sie auch (und tun es) gelegentlich erschwerte Wege wählen, und außerdem kennen sie die Dichte ja nicht genau, es gibt ja das, was man in der Psychologie die *Schwelle* nennt, das WEBER-FECHNER*sche Gesetz;* erst von einem gewissen Betrag ab wird ein Mehrbetrag *eben merklich*. Der Staat aber würde durch die Anlage der Wege einen gewissen überindividuellen und den Individuen unbewußten Einfluß üben[2]).

So ungefähr müßte der ***Anhänger einer indeterministischen Quantenphysik*** sich das Elementargeschehen vorstellen: Zwar bestehen für das individuelle Elementargeschehen Vieldeutigkeiten, Freiheit also zwischen verschiedenen „Wegen", aber auf die Vielzahl der Teilchen wirkt dennoch ein Einfluß, eine „Kraft", sie stehen in überindividuell bedingter, telepathischer Verbindung sozusagen derart, daß z. B. durch eine Überbesetzung von Wegen diese erschwert werden, daß ***aber für jedes Teilchen eine eben merkliche Schwelle besteht, von der ab die Überbesetzung erst wirksam wird.*** Diese Ebenmerklichkeit würde irgendwie mit dem Wirkungsquantum h zusammenhängen wie etwa die Eigenwerte der Energie mit der Wahrscheinlichkeitsdichte[1]).

Welche Rolle käme nun in einer solchen Mikrophysik der *Wellennatur* und der *Korpuskelnatur* der Photonen und der Elementarteilchen zu? Nun, die „Wellen" bestimmen die nach Maßgabe der Materieverteilung bestehende Dichte der möglichen Wege. Sie sind Wahrscheinlichkeitswellen, aber doch nicht rein mathematischer Art; der Mathematik selbst können wir keine Wirksamkeit zuschreiben, sie muß irgendwie realisiert sein. Wir machen gar keine Annahme über die Art der Realisation, aber einen Seinsrang müssen wir diesem Wahrscheinlichkeitsfeld zuschreiben wie dem Straßennetz, durch das die Dichte der Möglichkeit für Ausflugswahlen realisiert ist; ist aber dieses Wahrscheinlichkeitsfeld nicht rein gedachter mathematischer Natur, sondern ein Führungsfeld für die Korpuskeln oder für das Auftreten von Korpuskeln, für ihre Lokalisierung, Materialisierung, für ihre Aktualisierung oder für ihre Inkarnierung, wie auch DE BROGLIE einmal sagt, so haben wir eine Zweischichtigkeit des Seinsranges, der sich nicht besser bezeichnen läßt als mit dem alten aristotelischen Begriffspaar der Potentialität und Aktualität[2]).

Dies also wäre der Aspekt, unter dem man die Mikrophysik betrachten kann und für den einiges spricht: Es besteht *primäre Wahrscheinlichkeit* im Mikrogeschehen derart, daß zwar nicht Determination jedes individuellen Aktes gilt, wohl aber eine ganzheitliche überindividuelle Realbeziehung für die Dichteverteilung der Möglichkeiten, nach der sich die Korpuskel bzw. die Korpuskelwerdung mit einer Schwelle für die Wirksamkeit dieser Potenzen richtet. Das jedenfalls ist, wenn wir es auch nicht zwingend behaupten können, der unmittelbarste Ausdruck der Tatsachen, daß die letzten Gleichungen, die wir kennen, nicht abgeleitete, sondern primäre Wahrscheinlichkeitsgleichungen sind, in denen eine universelle Konstante eine entscheidende Rolle spielt, so daß wir die Determination für große Körper zwar aus der Wahrscheinlichkeit für kleine herleiten können, nicht aber umgekehrt. Man darf, mehr wollen wir nicht sagen, dies als Hinweis betrachten auf eine Welt, in der die *Wahrscheinlichkeitsmathe-*

[1]) Vgl. H. WEYL auf S. 722.

[2]) Bei der oft wiederholten Wahl eines Individuums aber z. B. bei dem erwähnten Schützen würde ungefähre Gleichverteilung sich ergeben, wenn er ein unwillkürliches Abwechslungsbedürfnis hat, das ihn unbewußt dieselbe Wahl ungern oft einnehmen läßt; dabei könnte man, was durchaus der Wirklichkeit angemessen ist, dem Unbewußten eine Schwelle für die Erinnerung zuschreiben.

[1]) Vielleicht dürfte man in diesem Sinn auch an die „Verbote" und Auswahlregeln der theoretischen Physik denken.

[2]) A. WENZL, Metaphysik der Physik von heute. 1935.

matik verwirklicht ist, in der der Grundsatz gilt, daß das, was die größere Wahrscheinlichkeit besitzt, auch häufiger vorkommt, in der „der durch die Wahrscheinlichkeitsrechnung geminderte Zufall herrscht" (BERGMANN), und wenn man das Wundern darüber, daß in der Natur sich mathematische Gesetze verwirklichen, oft ausgedrückt hat durch den Satz: *Gott* treibt allzeit Geometrie und Arithmetik in der Welt, so müßte man jetzt hinzufügen: *Er treibt in der Welt Wahrscheinlichkeitsmathematik*

Nachdem ich nun die Berechtigung der indeterministischen Auffassung, die Erlaubtheit einer primären Wahrscheinlichkeit entwickelt habe, möchte ich nicht dahin mißverstanden werden, als ob ich den Anwendungsbereich der Wahrscheinlichkeitsberechnung nur auf sie beschränken wollte. Es gibt vielmehr *zwei Typen* von Kollektiven, auf die das Gesetz der großen Zahlen anwendbar ist: 1. jene, in denen zwar jeder Einzelfall determiniert, die Abweichungen aber zwar regellos, aber doch ungefähr gleich verteilt sind, wofür es dann freilich wiederum eine Ursache geben muß; 2. jene, in denen der Einzelfall zwar indeterminiert, die Wahlen, Sprünge, Entscheidungsakte, oder wie wir sagen wollen, aber doch ungefähr gleich auf von vornherein gleiche Möglichkeiten verteilt werden. In beiden Fällen aber bedeutet *Kollektiv* ein doch irgendwie real zusammenhängendes Gebilde (es ist so schwer begrifflich zu fassen wie etwa der kohärente Strahl), im ersten Fall der Determination ist der Zusammenhang meist gegeben durch gemeinsame Abstammung oder Herstellung, im zweiten der Freiheit, die dennoch nicht Chaos wird, durch einen überindividuellen, aber nicht zwingenden Einfluß. Der erste Typ scheint verwirklicht, wo jedes Glied der Menge selbst zusammengesetzt und einer kontinuierlichen Variation durch kleine Ursachen, die größere Wirkungen haben, unterworfen gedacht werden kann, der zweite Typ, wo es sich um diskrete Elemente handelt, die nichtsdestoweniger eine Art von „Ganzheit" bilden.

Die Frage, die sich hier aufdrängt, ist nun die, ob mit der Anerkennung einer primären Wahrscheinlichkeit *alles* physikalische Geschehen statistisch wird, ob insbesondere z. B. die kinetische Gastheorie, das Zustandekommen eines thermodynamischen Gleichgewichts und die Zunahme der Entropie ebenfalls auf primärer Wahrscheinlichkeit beruht. Solange wir die Moleküle des idealen Gases in Analogie zu elastischen großen Kugeln denken, können wir wohl vermuten, daß hier das Prinzip „kleine Ursachen, große Wirkungen" die zunehmende Buntverteilung begünstigt: Eine geringe Änderung der Richtung eines Moleküls auf seiner freien Weglänge bedeutet ja für den nächsten Zusammenstoß bereits eine große Richtungsänderung. Allerdings hat MACH bestritten, daß in einem System elastischer Kugeln die Bildung ungeordneter Zustände bevorzugt sei. Aber man könnte ja das Bild der Moleküle modifizieren und hat das getan. Dennoch führt aber unweigerlich die Mikrophysik dazu, auch die Thermodynamik auf *ihre* Gesetze zu gründen, und wenn sie diese auf die primäre Wahrscheinlichkeit basiert, konsequent zu bleiben und mindestens *neben* einer deterministischen Makrostatistik eine indeterministische Mikrostatistik zugrundezulegen.

Ich weiß natürlich, daß auch damit nicht ein letztes über die Rätsel gesagt ist, die uns die Mikrophysik aufgibt, über die makrophysikalische Wirkung mikrophysikalischer Freiheit durch Auslösung, über die Beziehung von sog. anorganischer Natur und Leben, das Thema, das JORDAN so besonders fesselt, vor allem aber nicht über die Bedeutung von Zeitlichkeit und Örtlichkeit für die Wirklichkeit. Denkt man Gedanken, die uns nahegelegt sind, radikal zu Ende, so scheint die Existenz der Wirklichkeit im ganzen nicht so sehr der Inbegriff fortdauernder lokalisierter Teilchen als vielmehr eine Folge von Sprüngen von einer Materialisation in die nächste[1]).

Damit würde auch erst die Bose- und Fermistatistik wirklich verständlich. Solange wir Korpuskeln als individuelle kleine Körperchen betrachten, die ein kontinuierliches Dasein haben und stetige Wege durchlaufen, scheint die einzige zulässige Annahme die der klassischen Statistik oder doch klassischen Quantenstatistik zu sein: Die Wahrscheinlichkeit eines Zustandes entspricht der relativen Häufigkeit der Verteilungen, die ihn verwirklichen. Die Bosestatistik indessen handelt nicht eigentlich von der Verteilung von Individuen auf Zustandsgebiete, sondern von der Entstehung von Verteilungen in Zustandsgebieten.

Wir werden also von der klassischen Anschaulichkeit wohl noch viel abstreichen müssen. Und wir dürfen dabei nicht bei dem Verzicht auf die Annahme einer kontinuierlichen Existenz der Elemente nach Ort und Zeit, den KANTschen Anschauungsformen der „Sinnlichkeit" stehen bleiben, sondern müssen auch die KANTsche Denkform der Kausalität einbeziehen. Daß ich die Berechtigung dieses Verfahrens an Beispielen unseres Erlebens darzutun suchte, ist nicht eine vage Anthropomorphisierung, sondern — in einer anderen Richtung als bei KANT — ein Rückgang auf Urerlebnisse, auf innere Anschaulichkeit der Bedeutung, denn Begriffe, die wir ohne äußere *und* innere Anschaulichkeit bilden würden, wären leer.

Zusammenfassung.

1. Der Hinweis auf die Störung durch das Experiment entscheidet nicht für die deterministische Auffassung der HEISENBERGschen Unsicherheitsrelation und erklärt sie nicht.

2. Für die primäre Wahrscheinlichkeit sprechen die Universalität von h und der Charakter der Grundgleichungen der Mikrophysik als Wahrscheinlichkeitsgleichungen.

[1]) Vgl. W. CONRAD-MARTINS, Physik und Metaphysik. (Hochland) 1940.

3. Die subjektivistische Begründung der Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitsbetrachtung auf das absolute Nichtwissen ist unhaltbar.

4. Die deterministische aposteriorische Auffassung setzt nicht nur das Postulat strenger durchgängiger Kausalität voraus, sondern fordert auch die tatsächliche Erfüllung des Gesetzes großer Zahlen durch die Wirklichkeit auf Grund gleichverteilter Abweichungen.

5. Die indeterministische apriorische Betrachtung ergibt eine sinnvolle Aussage auch für den Einzelfall, wenn Gründe für abzählbare Gleichmöglichkeit sprechen.

6. Für die Anwendung des Gesetzes der großen Zahlen fordert auch sie die Annahme einer ungefähren Gleichverteilung der „Wahlen" auf die Möglichkeiten.

7. Ihre an sich einfachere und unmittelbarere Deutung enthält keinen logischen Widerspruch.

8. Sie wird vorstellbar durch die Annahme der Wirksamkeit eines überindividuellen Einflusses, der die Wahl schon besetzter Möglichkeiten erschwert und die ungefähre Verteilung mit einem Spielraum der Ebenmerklichkeit besorgt.

9. Die Rolle einer solchen den Elementen gegenüber überindividuellen Wirksamkeit spielt in der Mikrophysik die Wellenfunktion, der wir den Seinsrang einer Potentialität für das Aktuellwerden von Korpuskeln zuschreiben müssen.

10. Das „Kollektiv", auf das die Wahrscheinlichkeitsrechnung anwendbar sein soll, das also eine Verwirklichung der Wahrscheinlichkeitsmathematik darstellt, trägt also seinen Begriff nach ganzheitlichem Charakter.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Über Verzweigungen und Vernetzungen der Amylopektinmoleküle.

In einer kürzlich hier veröffentlichten Mitteilung[1]) über verzweigte und unverzweigte Stärkebestandteile haben wir darauf hingewiesen, daß unsere bereits 1930 ausgesprochene Ansicht, daß die Stärkeketten hie und da verzweigt oder vernetzt sind[2]), nicht für die Amylose zutrifft, sondern auf den Hauptbestandteil der Stärke, das Amylopektin, zu beschränken ist. Die Zweigstellen sind inzwischen als α-1—6-Bindungen erkannt worden[3]).

Aber auch der Gedanke der *Vernetzung* hat sich inzwischen weiter präzisieren lassen[4]): In den stark gequollenen Stärkekörnern, dem sog. Kleister, sind die riesigen verzweigten Amylopektinmoleküle zu dreidimensionalen losen Netzen durch gittermäßig geordnete Partien verknüpft, in denen Teile aus mehreren Kettenmolekülen zusammengefügt sind. Umgekehrt hängen diese micellar geordneten Partien durch Molekülfäden miteinander zusammen (Zusammenhängende „Fransenmicelle")[5]).

Die Bildung der losen dreidimensionalen Netze, die für die begrenzte Quellbarkeit der Körner und damit für die Kleisterbildung verantwortlich sind, hängt somit direkt mit der Größe und dem stark verzweigten Bau der Amylopektinmoleküle zusammen, die es ermöglichen, daß Teile eines Moleküls in gittermäßig geordneten Micellen stecken und andere Teile des gleichen Moleküls von Lösungsmitteln umgeben sind. Dagegen ist das Molekül der Amylose, des unverzweigten Stärkebestandteils, entweder ganz gelöst oder als Ganzes im Gitterverband mit anderen Molekeln zum ungequollenen Festkörper verbunden und daher nicht zur „Kleisterbildung" befähigt.

Genf, Lab. de Chimie inorg. et org. der Universität, den 23. Juli 1940. KURT H. MEYER.

[1]) Naturwiss. **28**, 397 (1940).

[2]) K. H. MEYER u. H. MARK, Der Aufbau der hochpolymeren organischen Naturstoffe. S. 212, 213. Leipzig 1930.

[3]) K. FREUDENBERG u. H. BOPPEL, Naturwiss. **28**, 264 (1940). — K. H. MEYER, ebenda **28**, 564 (1940).

[4]) Vgl. eine ausführlichere Arbeit, die demnächst in den Helv. chim. Acta erscheint.

[5]) Vgl. GERNGROSS, HERRMANN u. ABITZ, Biochem. Z. **228**, 409 (1930).

Über sensibilisierte Chemilumineszenz in Lösungen.

Ein starkes blaues Leuchten tritt bei der Oxydation von Luminol (3-Aminophthalsäurehydrazid) in alkalischer Lösung unter Einwirkung von Hämin als Katalysator auf[1]). Wenn man zu diesem Reaktionsgemisch einen fluorescierenden Körper, wie Fluorescein oder Rhodamin, hinzufügt, so bemerkt man einen Umschlag der Farbe des Leuchtens in Hellgelbgrün bzw. Opalbläulichrosa, nämlich in die Farbe des hinzugefügten fluorescierenden Körpers.

Diese eigenartige Erscheinung ist zuerst von PLOTNIKOW[2]) und unabhängig von ihm von Herrn AKIYAMA in unserem Laboratorium demonstriert worden. Von PLOTNIKOW ist diese Erscheinung „Chemifluorescenz" genannt worden. Bei dieser Erscheinung wird die Fluorescenz nicht durch das Außenlicht einer Lichtquelle erregt, sondern durch die Reaktionsenergie in der Lösung selber. Es könnten dann für das Auftreten des Leuchtens bei dieser Erscheinung folgende zwei mögliche Reaktionsfolgen angenommen werden, worin der Buchstabe L das Luminolmolekül, F das Molekül des fluorescierenden Körpers und der Buchstabe mit * die angeregte Form des Moleküls bedeutet.

1. $L + \varepsilon \rightarrow L^*$, $\quad L^* \rightarrow L + h\nu$,
   $F + h\nu \rightarrow F^*$, $\quad F^* \rightarrow F + h\nu'$.
2. $L + \varepsilon \rightarrow L^*$,
   $L^* + F \rightarrow L + F^*$,
   $F^* \rightarrow F + h\nu'$.

Bei der ersten Reaktionsfolge gibt ein durch die chemische Reaktion angeregtes Luminolmolekül die Energie als Licht ab, die dann von dem dort anwesenden Molekül des fluorescierenden Körpers aufgenommen wird, so daß das letztere Molekül sein eigenes Licht emittiert. Bei der zweiten wird dagegen die Energie des angeregten Luminols durch Stöße zweiter Art auf den fluorescierenden Körper übertragen. Im letzteren Fall handelt es sich also um eine sensibilisierte Chemilumineszenz — im analogen Sinne mit der sensibilisierten Fluorescenz von CARIO und FRANCK[3]) — in Lösung. Die vorliegenden Angaben gestatten uns aber noch nicht auszusagen, welcher von den beiden möglichen Mechanismen entscheidend ist. Es könnte tatsächlich, wie Prof. PLOTNIKOW meint, eine Verteilung der Energie auftreten[4]).

Der zweite Mechanismus scheint mir indessen eher annehmbar, wenn man hier eine Beobachtung berücksichtigt, die neulich von O. SCHALES[5]) angestellt worden ist. Oxydiert man nämlich das Gemisch von Luminol und Hämin bei Vorhandensein von Luzigenin (Dimethyldiacridyliumnitrat), einem anderen chemilumineszierenden Körper, so tritt dabei ein starkes grünes Leuchten des Luzigenins auf, anstatt des blauen Leuchtens des Luminols, und zwar ist das hier auftretende Leuchten bei weitem stärker, als wenn Luzigenin allein oxydiert wird. Die Luzigeninoxydation selber wird allerdings durch Hämin kaum katalysiert. Man könnte dann für diese Erscheinung folgenden Verlauf der Reaktion annehmen:

Luminol wird durch Oxydation unter Einwirkung von Hämin in einen angeregten Zustand gebracht, welcher aber bei Anwesenheit von Luzigenin die sonst als sichtbare Strahlung frei werdende Energie durch Stöße zweiter Art an Luzigenin weitergibt, womit das Auftreten des Leuchtens des Luzigenins durch Hämin indirekt katalysiert wird. Das dabei gleichzeitig auftretende Leuchten infolge der direkten

Oxydation des Luzigenins muß allerdings verhältnismäßig schwach sein. In diesem Fall, da der hinzugefügte Stoff selbst nicht fluorescierend ist, könnte also der Mechanismus der sensibilisierten Chemilumineszenz durchaus wahrscheinlich sein.

Mich hat die Beobachtung interessiert, daß das Leuchten des Luminols durch Zusatz sowohl von Fluorescein als auch von Luzigenin bei gewissen Konzentrationsverhältnissen der zwei emissionsfähigen Stoffe im Gemisch beinahe vollkommen ausgelöscht wird und statt dessen das mit dem Leuchten des zugesetzten Stoffes übereinstimmende Leuchten auftritt. Man ersieht diese Tatsache aus dem Spektrogramm (Fig. 1). In einer 0,0025proz. Luminollösung z. B. schlägt das blaue Leuchten beinahe vollständig in das hellgelbgrüne um bei Zusatz von Fluorescin in 0,02 %, während bei Zusatz von Fluorescein in kleineren Konzentrationen das auftretende Leuchten noch bläulich ist. Bei Zusatz von Fluorescein in größeren Konzentrationen wird das grüne Leuchten allmählich geschwächt, bis es ganz ausgelöscht wird, wahrscheinlich wegen der Konzentrationsauslöschung. Im Falle der einfachen Fluorescenz in einer Lösung von Fluorescein findet zwar die Konzentrationsauslöschung mit zunehmender Konzentration noch viel rascher statt. Der Einfluß der Temperatur auf die Lichtstrahlung bei der Oxydation ist jedoch praktisch gleich sowohl im Gemisch: Luminol-Hämin als auch im Gemisch: Luminol-Hämin-Fluorescein, indem die Verkleinerung der Emissionsdauer mit zunehmender Temperatur in den beiden Fällen gleicherweise zutage tritt. Nach PLOTNIKOW ist der summarische Intensitätseffekt bei Zusatz von Fluorescein fast ebenso groß wie von Luminol allein, trotz der starken Ausbreitung des Spektrums und anderer spektralen Intensitätsverteilung.

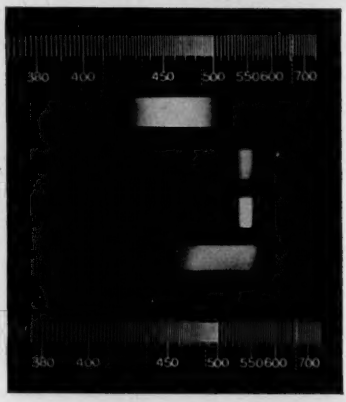


Fig. 1. a) Spektrum des Luminols, angeregt durch H_2O_2 und Hämin. Belichtungszeit 5 Stunden im Glasspektrograph von FUESS. b) Spektrum des Fluoresceins, angeregt durch Luminol, H_2O_2 und Hämin. Belichtungszeit 3 Stunden. c) Fluorescenzspektrum des Fluoresceins. Belichtungszeit 1,5 Minuten. d) Spektrum des Luzigenins, angeregt durch Luminol, H_2O_2 und Hämin. Belichtungszeit 4 Stunden. e) Spektrum des Luzigenins, angeregt durch H_2O_2. Belichtungszeit 4 Stunden. Das Leuchten ist sehr schwach und in der Reproduktion kaum noch zu erkennen.

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. I. PLOTNIKOW für seine wertvollen Hinweise meinen besten Dank aussprechen.

Tokio, Nedzu Chemisches Laboratorium, Musashi-Hochschule, den 20. September 1940. B. TAMAMUSHI.

[1]) K. GLEU u. K. PFANSTIEL, J. prakt. Chem. **146**, 137 (1936). — B. TAMAMUSHI, Naturwiss. **25**, 318 (1937).
[2]) I. PLOTNIKOW, Umschau **42**, 981 (1838).
[3]) G. CARIO u. J. FRANCK, Z. Physik **17**, 202, 223 (1923).
[4]) Professor PLOTNIKOWS briefliche Mitteilung.
[5]) O. SCHALES, Ber. dtsch. chem. Ges. **72**, 1155 (1939).

Quantitative Bestimmungen der Permeabilität der Hefezellen für Fluor.

Im Anschluß an die im hiesigen Institut ausgeführten Versuche[1]), durch Atmungs- und Gärungsmessungen Schlüsse auf die Permeabilität für Fluor zu ziehen, wurden analytische Bestimmungen gemacht, um durch direkte Messungen in der Außenlösung das eingedrungene Fluor zu bestimmeu, von welchen hier einige vorläufige Resultate mitgeteilt werden sollen.

Es wurde die Zirkonium-Purpurin-Methode von STANSBY und KOLTHOFF[2]) mit einigen Modifikationen benutzt, und die Bestimmungen wurden photometrisch ausgeführt.

Sämtliche Versuche wurden mit Bäckerhefe ausgeführt. Wenn nicht anders angegeben, wurden die Suspensionen aus 630 mg Hefe in 0,4 ml Wasser, 2 ml 0,2-molarem Bernsteinsäure-Succinat-Puffer, der zu p_H 5,0 gestimmt war, zusammengestellt. Dazu wurden 0,6 ml NaF-Lösung bestimmter Konzentration in Warburgtrögen von 100 ml Volumen gekippt. Die Suspensionen wurden im Wasserbad bei 25° bestimmte Zeit geschüttelt, wonach die Hefe abzentrifugiert oder abfiltriert und die Lösung analysiert wurde.

Vergleichende Versuche mit frischer und verarmter Hefe haben gezeigt, daß das Fluor anfangs schneller bei der verarmten Hefe eindringt, daß aber nach einer gewissen Zeit ein Ausgleich stattfindet. Fig. 1 zeigt die mittleren Resultate von einer größeren Versuchsreihe. Die Ordinaten bezeichnen die eingedrungenen Fluormengen in Prozent der Außenlösung und die Abszissen die Zeiten. (Die Fluorkonzentration pro Ansatz: $18 \cdot 10^{-2}$ mM.)

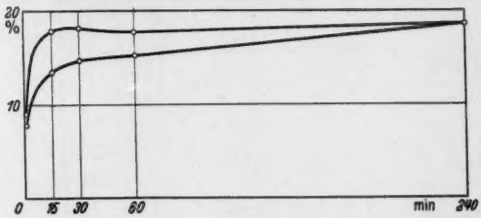


Fig. 1.

Dieser Befund stimmt mit den Resultaten der Atmungsmessungen insofern überein, als die Hemmung bei verarmter Hefe eine größere als bei frischer ist, aber man kann vorläufig nicht entscheiden, ob die größere Hemmung von dem Mehr an eingedrungenem Fluor allein herrührt oder ob noch dazu die Zellen empfindlicher geworden sind dadurch, daß gewisse Faktoren, die sonst regulierend wirken, bei der Verarmung ausgewaschen worden sind. Andere Versuche, die unten angeführt werden, zeigen nämlich, daß eingedrungene Menge Fluor und Hemmung nicht proportional sind.

Vergleichende Versuche haben gezeigt, daß die Anwesenheit von Glukose keinen Einfluß auf das Eindringen von Fluor ausübt, unabhängig von den Glukose- sowie Fluorkonzentrationen. Man muß daraus schließen, daß die schützende Wirkung der Glukose, welche bei den Atmungs- und Gärungsversuchen gefunden wird, sich nur auf die Wirkung des Fluors im Innern der Zellen, aber nicht auf die Permeabilität bezieht. Dasselbe trifft auch bei verarmter Hefe zu.

Versuche mit verschiedenen Fluorkonzentrationen der Außenlösung haben gezeigt, daß die Mengen Fluor, welche in die Zellen eindringen, im direkten Verhältnis zu der Konzentration stehen, weshalb es sich bei der Aufnahme nicht oder nur im geringen Grade um eine Adsorption handeln kann.

Versuche, durch wiederholtes Schütteln mit frischer Lösung eine Steigerung der Fluoraufnahme zu erreichen, waren ohne Erfolg.

Um die Einwirkung des p_H der Außenlösung auf die Aufnahme von Fluor zu studieren, wurden Versuche bei verschiedenen p_H gemacht. (Verwendete Fluorkonzentration: $6 \cdot 10^{-2}$ mM pro Ansatz.) Die Resultate sind in Fig. 2 zusammengefaßt.

Auf der Grundlinie *A* sind die gemessenen p_H der Puffer abgesetzt. Auf der Grundlinie *B* sind die nach Zusatz von

Fluorid gemessenen p_H eingetragen. Die Steigerung der p_H-Werte von *A* zu *B* läßt sich dadurch erklären, daß besonders bei niedrigem p_H große Mengen undissoziiertes HF in der Lösung vorhanden ist und daß die entstandene Menge NaOH die Pufferungskapazität übersteigt.

Kurve I gibt den Schwund an Fluor aus der Außenlösung in Prozent nach 15 Minuten an. Auf der Grundlinie *C* sind die gemessenen p_H in der Außenlösung zur selben Zeit eingetragen.

Aus der Kurve ist ersichtlich, daß bei niedrigen p_H die Menge eingedrungenen Fluors bis zu bedeutender Größe steigt und daß gleichzeitig das p_H der Außenlösung steigt. Man kann daraus schließen, daß undissoziiertes HF in die Zellen eindringt und daß das frei gewordene NaOH die Steigerung verursacht.

Daß das Fluor in der Form undissoziierter Säure in die Zellen eindringt, läßt sich dadurch bestätigen, daß die

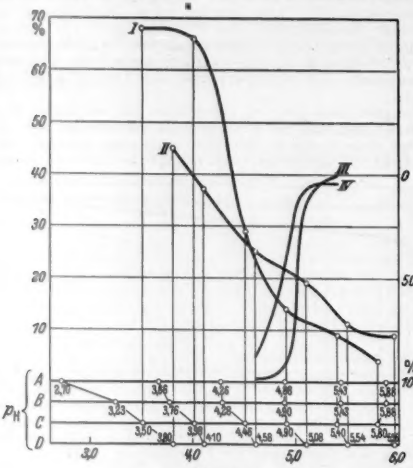


Fig. 2.

Anfangsgeschwindigkeit beim Eintreten der Konzentration undissoziierter HF-Moleküle proportional ist.

Kurve II faßt die Analysenresultate nach 4 Stunden zusammen. Die entsprechenden p_H der Außenlösung sind auf der Grundlinie *D* eingetragen.

Es fällt vor allem auf, daß eine bedeutende Rückwanderung von Fluor bei niedrigem p_H stattgefunden hat. Eine sichere Erklärung dafür kann vorläufig nicht gegeben werden. Das mikroskopische Bild der Zellen nach 4stündiger Einwirkung zeigt aber, daß das Plasma voller Körner ist, als ob eine Koagulierung stattgefunden hätte, was durch niedriges p_H allein nicht bewirkt wird. Die Vakuolen sind unverändert geblieben.

Diese Erscheinung ist vorläufig nicht systematisch verfolgt worden, aber man kann schon jetzt die Vermutung aussprechen, daß durch die starken inneren Störungen das Pufferungsvermögen der Zellen nicht ausreicht, wodurch das p_H innen sinkt und das Austreten von Fluor erklärlich wird. Auffallend ist ebenfalls, daß trotz der großen Menge wieder ausgetretenen Fluors das p_H der Außenlösung weiter gestiegen ist. Analysen der Außenlösung haben Kaliumaustritt festgestellt, was ohne Fluoridzusatz nicht der Fall ist. Quantitative Untersuchungen stehen noch bevor.

Es ist bekannt, daß der Stoffwechsel von dem p_H der Außenlösung bei Fluoridzusatz sehr abhängig ist. Atmungsversuche wurden gemacht, wobei Fluorid bei verschiedenen p_H eingekippt wurde.

Die Kurven III und IV in Fig. 2 geben die Atmungshemmung bei entsprechendem p_H an. Kurve III stammt aus einer Versuchsreihe, wo das Fluorid 5 Minuten vor, Kurve IV aus einer Reihe, wo das Fluorid gleichzeitig mit Glukose eingekippt wurde. Die Hemmung ist in Prozent einer Kontrollkurve ohne Fluorid nach 2 Stunden berechnet. Der Verlauf der Atmungskurven war geradlinig. Die Kurven zeigen, daß eine Proportionalität zwischen eingedrungener Fluormenge und Hemmung nicht vorhanden ist, so daß die Atmungsvorgänge nicht ohne weiteres als Maßstab für das Eindringen von Fluor dienen können. Dagegen zeigen die Atmungsvorgänge, daß sie ein sehr empfindlicher Indikator für die inneren Prozesse sein müssen, denen man mit den hier gebrauchten analytischen Methoden nicht beikommen kann.

Über die Reversibilität der Vorgänge kann vorläufig nur gesagt werden, daß die Diffusion aus den Zellen viel langsamer vor sich geht und daß ein Rest von mindestens 25 % des eingedrungenen Fluors sehr zähe festgehalten wird.

Vergleichende Versuche über das Verhalten der Hefe gegen Fluor unter aeroben und anaeroben Bedingungen haben bisher gezeigt, daß die Anfangsgeschwindigkeit des Eintretens anaerob, ähnlich wie bei verarmter Hefe, größer ist und daß mit der Zeit ein Ausgleich stattfindet. Nur ist hier der Unterschied viel stärker, und eine Rückwanderung findet später statt, bevor es zum Ausgleich kommt.

Stockholm (Schweden), Wenner-Grens-Institut für experimentelle Biologie der Universität, den 26. September 1940. M. Malm.

[1]) J. Runnström u. E. Sperber, Biochem. Z. 298 (1938).
[2]) I. M. Kolthoff u. E. Stansby, Ind. Eng. Chem. Anal. 6 (1934).

Besprechungen.

VAN DER WAERDEN, B. L., **Moderne Algebra.** II. Teil, 2. verbesserte Aufl. (Die Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungsgebiete. Hrsg. von W. Blaschke, R. Grammel, R. Hopf, F. K. Schmidt und B. L. van der Waerden, Bd. XXXIV.) Berlin: Julius Springer 1940. VIII, 224 S. Preis RM 16.50, geb. RM 18.—.

Nachdem bereits 1937 die Zweitauflage des ersten Bandes von van der Waerdens bahnbrechendem Algebralehrbuch erschienen ist, liegt nunmehr auch die Zweitauflage des 2. Bandes vor. Während Bd. I an klassischem algebraischem Stoff den Leser in die moderne abstrakte Denkweise einführt, vermittelt Bd. II die Kenntnis der Hauptergebnisse der Algebraforschung der letzten Jahrzehnte. In der Form der Darstellung steht der 2. Band nicht hinter dem ersten zurück. Hier wie dort findet man die gleiche elegante Knappheit, die es versteht, mit wenigen Strichen alle wesentlichen Linien herauszuarbeiten und auf ein paar Seiten wie spielend eine Menge Stoff zu bewältigen. Allerdings muß der Leser den Text mit großer Aufmerksamkeit verfolgen und oft die kurzen Beweise zur exakten Erfassung ihres Sinnes Wort für Wort durchdenken. Aber diese Mühe lohnt sich reichlich, nicht zum mindesten durch den ästhetischen Genuß, den das Buch bei liebevollem Versenken in immer steigendem Maße gewährt.

Was den Inhalt angeht, so behandelt das 11. Kapitel des Gesamtwerkes und gleichzeitig 1. Kapitel des 2. Bandes die Theorie der Elimination, der Resultanten und Resultantensysteme; eine wichtige Kürzung gegenüber der 1. Auflage ergab sich aus dem Umstand, daß die elementaren Sätze über die Sylvestersche Resultante bei der Zweitauflage des 1. Bandes in diesen übernommen wurden. — Kapitel 12 ist ohne wesentliche Abweichung von der 1. Auflage im wesentlichen der Noetherschen Idealtheorie der kommutativen Ringe mit Maximalbedingung gewidmet. — Kapitel 13 befaßt sich mit der Polynomidealtheorie. Für die Stoffauswahl aus dem sehr umfangreichen Gebiet waren zwei Gesichtspunkte maßgebend. Vor allem wird die

Bedeutung der Primideale und ihrer Nullstellen für die Parameterdarstellungen der algebraischen Mannigfaltigkeiten mit verhältnismäßig großer, der Wichtigkeit des Gegenstandes angemessener Ausführlichkeit herausgearbeitet. Daneben wird die Frage nach Bedingungen für die Zugehörigkeit eines bestimmten Polynoms zu einem bestimmten Ideal in den Vordergrund gestellt. Gegenüber der 1. Auflage sind Kürzungen zu verzeichnen. Vor allem wurde ein mehr in die algebraische Geometrie gehöriger Paragraph weggelassen. — Kapitel 14—16 zeigen keine wesentlichen Abweichungen von der Erstauflage. In Kapitel 14 wird mit den modernen abstrakten Methoden die „multiplikative" Idealtheorie ganz abgeschlossener Integritätsbereiche mit Maximal- und Minimalbedingung entwickelt, darüber hinaus wird für den Fall der alleinigen Maximalbedingung die VAN DER WAERDEN-ARTINsche v-Idealtheorie kurz skizziert. — Kapitel 15 mit den wichtigsten Sätzen über ABELsche Gruppen und Linearformenmoduln stellt das Bindeglied zwischen dem kommutativen ersten und dem nichtkommutativen zweiten Teil des Bandes dar. Hier wird der für die nichtkommutative Algebra grundlegende Begriff des „Darstellungsmoduls" eingeführt. — Kapitel 16 enthält die Theorie der hyperkomplexen Systeme, insbesondere der halbeinfachen mit Minimalbedingung für Linksideale. (Direkte Summenzerlegung halbeinfacher Systeme in minimale Linksideale, Endomorphismenring eines vollreduzibeln Moduls, Inversen-Isomorphie eines halbeinfachen Systems zu seinem Endomorphismenring usw.). Im letzten Paragraphen wird im Rahmen allgemeinerer Untersuchungen der für die Schiefkörpertheorie grundlegende Begriff des „Zerfällungskörpers" eingeführt, dem seiner Wichtigkeit wegen vielleicht ein besonderer Paragraph zu gönnen gewesen wäre. — Das Schlußkapitel 17, das gegenüber der 1. Auflage eine äußerst wichtige Erweiterung erfahren hat, zerfällt in zwei deutlich getrennte Teile, von denen eigentlich jeder einzelne für sich ein selbständiges Kapitel bildet. In der ersten Hälfte wird einerseits die allgemeine Darstellungstheorie der hyperkomplexen Systeme nach den modernen abstrakten Richtlinien entwickelt, andererseits werden im speziellen die wichtigsten Ergebnisse über die Darstellungen endlicher Gruppen behandelt. Die an Stelle eines einzigen Paragraphen der ersten Auflage nunmehr vier Paragraphen umfassende zweite Hälfte enthält eine sehr weitgehende und in vieler Hinsicht abschließende Darstellung der großenteils erst im letzten Jahrzehnt entstandenen Schiefkörpertheorie. Auf Grund zweier wichtiger, mit darstellungstheoretischen Mitteln bewiesener Hilfssätze (sog. „Hauptsätze der Schiefkörpertheorie") wird die BRAUERsche Theorie der Algebrenklassengruppen entwickelt und die Bestimmung aller Zerfällungskörper eines gegebenen Schiefkörpers durchgeführt. Damit ist die Möglichkeit zum konstruktiven Schiefkörperaufbau mit Hilfe der NOETHERschen und BRAUERschen Faktorensysteme gegeben, und dieser Aufbau führt gleichzeitig auf ganz andersartige Zusammenhänge, da die NOETHERsche Methode, die auf der verschränkten Produktbildung zwischen einem kommutativen Normalkörper und seiner GALOISschen Gruppe beruht, der Zahlentheorie entstammt. Dementsprechend bildet sozusagen den krönenden Abschluß des ganzen Buches die für die Zahlentheorie grundlegende Bestimmung aller der Schiefkörper, die einen gegebenen zyklischen Körper zum Zerfällungskörper besitzen.

Wie die Inhaltsübersicht zeigt, hat VAN DER WAERDEN im knappen Rahmen von 224 Seiten eine erstaunliche Stoffülle bewältigt. Als Einführungswerk in die „abstrakte" Algebra der letzten Jahrzehnte mit ihren vielfachen Verzweigungen auf kommutativem und nichtkommutativem Gebiet steht der vorliegende Band in der modernen Lehrbuchliteratur einzig da. Gleichwohl möchte ich hier auf einige, durchweg die kommutativen Kapitel 11—15 betreffende Erweiterungsmöglichkeiten hinweisen — mit Rücksicht auf die zukünftige 3. Auflage des Gesamtwerks und in der Hoffnung, daß der Verlag dann dem zweiten Band ein paar Bogen mehr zugestehen wird. — In Kapitel 11 scheint mir die Ergänzung der zwar lückenlos, aber sehr knapp entwickelten allgemeinen Theorie durch algebraische Anwendungen von selbständiger Bedeutung wünschenswert. Zu erwägen wäre z. B. eine kurze Herleitung der wichtigsten Sätze über die Diskriminante von n-Formen in n-Veränderlichen. Auch in Kapitel 13 wäre leicht eine wichtige Anwendung der Eliminationstheorie einzufügen, nämlich die schöne VAN DER WAERDENsche Polynomprimidealnullstellenkonstruktion, die als einzige *alle* Nullstellen ausnahmslos liefert, und die ich mit großem Bedauern in der 2. Auflage vermißte. Eine darüber hinausgehende Erweiterung von Kapitel 12 ist wohl nicht zu empfehlen; denn es liegt offenbar im wohlüberlegten — und sehr verständlichen — Plane des Verf.s, gerade bei der Polynomidealtheorie, für die z. B. die bekannte MACAULAYsche Spezialdarstellung vorliegt, Beschränkung auf das Notwendigste zu üben. — Für sehr wünschenswert dagegen halte ich einen Ausbau der fast unverändert von der 1. in die 2. Auflage übernommenen Kapitel 12 und 14. Denn auch die kommutative Idealtheorie hat sich im letzten Jahrzehnt stark weiterentwickelt, und es dürfte nicht allzu schwer sein, wenigstens einen Teil der wichtigsten Fortschritte zur Darstellung zu bringen. Z. B. könnte leicht im Anschluß an § 105 gezeigt werden, daß die ganz abgeschlossenen Integritätsbereiche mit Maximalbedingung, deren Idealtheorie mit Hilfe des VAN DER WAERDEN-ARTINschen Äquivalenzbegriffs entwickelt wird, vom Standpunkt der Bewertungstheorie die elementare Ringklasse der „endlichen diskreten Hauptordnungen" bilden; damit wäre dann an einem einfachen und wichtigen Beispiel die große Bedeutung der Zusammenarbeit von Ideal- und Bewertungstheorie für die neuere kommutative Algebra klargemacht. Die Darstellung gerade dieser Zusammenhänge läge auch durchaus im Sinne VAN DER WAERDENS, der in der 2. Auflage des 1. Bandes der Bewertungstheorie einen viel größeren Platz eingeräumt hat als in der ersten.

WOLFGANG KRULL, Bonn.

WESTPHAL, WILHELM H., **Physik des alltäglichsten Lebens.** Frankfurt a. M.: Societäts-Verlag 1940. 160 S. mit vielen Abb. 11,5 cm × 18,5 cm. Preis geb. RM 2.80.

In den letzten Jahren ist eine ganze Reihe von Büchern erschienen, die den Versuch machen, physikalisches Wissen und Denken in allgemeinverständlicher Form einem weiten Leserkreis nahezubringen. „Was", mit den Worten des Verf., „dieses Büchlein von anderen mit ähnlichem Anspruch unterscheidet, ist die überaus geringe Höhe dieses Anspruchs". Der Leser werde nämlich nichts vom Rundfunk, vom Fernsehen, von der Dampfmaschine oder vom Flugzeug finden, vielmehr sollen fast durchweg Erscheinungen und Vorgänge besprochen werden, die jedem schon so oft begegnet und daher „bekannt" sind, daß die Frage nach dem „warum" meist gar nicht gestellt wird. Als solche Dinge werden u. a. gebracht: Abkühlen heißer Suppe durch Blasen, Auftrieb und Schwimmen, die große Lautstärke von Männergesang in einer Badestube, die Mechanik des Radfahrens, die Wirkungsweise eines Schornsteins und am Schluß die Rotver-

schiebung im Lichte ferner Spiralnebel. Vieles ist überzeugend und leicht verständlich. Einige der behandelten alltäglichen Dinge sind aber gar nicht einfach, und Sätze, wie die beiden folgenden, werden sicher manchem nachdenklichen Leser Schwierigkeiten machen. „Den Widerstand der bewegten Körper gegen die richtungändernde Kraft, der durch ihre Trägheit verursacht wird, nennt man die Fliehkraft. Sie sucht den kreisenden Körper nicht, wie es leicht den Anschein haben könnte, senkrecht zu seiner Bahn nach außen zu ziehen, sondern nur in der Richtung, die er jeweils hat, geradeaus weiter zu treiben." Dem Text beigefügt sind nicht, wie in Lehrbüchern, schematische Abbildungen, sondern flotte Federzeichnungen mit größtenteils lustigem Einschlag.

E. Mollwo (Göttingen).

POHL, R. W., **Einführung in die Optik.** (Einführung in die Physik. Band III) VIII, 320 S, 564 Abbild. u. 1 farb. Taf. 17 cm × 25 cm. Berlin: Julius Springer 1940. Geb. RM 18.60.

Jeder Fachgenosse wird daran interessiert sein, zu sehen, wie R. W. Pohl, der Meister der Vortrags- und Experimentierkunst, seine Zuhörer in das weite Gebiet der Optik einführt. Daß es dabei nicht nach hergebrachtem Schema („Kreidephysik"), sondern nach eigenen Unterrichtserfahrungen hergeht, ist selbstverständlich. Durchweg werden Anleitungen zum eigenen Sehenlernen und Hinweise auf alltägliche Erfahrungen gegeben. Nicht weniger als 564 Abbildungen erläutern den Text. Auch 2 Farbentafeln (Newtonscher Farbenkreis und Heringsches Verdunkelungsdreieck) sind beigegeben.

Die Wellenvorstellung wird nicht vorangestellt, wohl aber werden den Fundamentalversuchen über Spiegelung, Streuung und Beugung (statt Beugung sollte man nach Pohl „Lichtausbreitung" sagen) Parallelversuche mit Wasserwellen in besonderen Figuren an die Seite gestellt.

Im Kapitel über Abbildung wird die Beugung prinzipiell vorangestellt. „Bei der Abbildung durch Linsen ist das bündelbegrenzende Loch wichtiger als die Linse. Die Rolle der Linse ist nur sekundär." Dementsprechend wird der Begriff des Auflösungsvermögens schon ganz früh in Kap. II erläutert. Das Interferenzphänomen wird sorgfältig an Versuchen mit Parallel- und Keilplatten demonstriert (insbesondere bestäubte Keilplatte zur Interferenz des Streulichtes). Die Beugungserscheinungen werden bis zu den Raumgittern und den Kristallpulvern hin verfolgt.

Von Lichtgeschwindigkeit und Frequenz ist bei alledem noch nicht die Rede. Sie wird erst im Kap. VII eingeführt; Aberration und Doppler-Effekt werden im Anschluß daran begründet. (Auch der Doppler-Effekt der außergalaktischen Nebel wird in Fig. 246 sehr schön erläutert und der quadratische Doppler-Effekt richtiggestellt.)

Die transversale Natur des Lichtes und seine Schwingungsformen werden im nächsten Kapitel („Polarisiertes Licht") eingeführt. Die Schwingungsrichtung wird provisorisch als „Schwingungsvektor $\boldsymbol{E}$" bezeichnet. Hier findet sich auch das Nötigste über Kristalloptik.

Die elektromagnetische Natur des Lichtes ist in der ersten Hälfte des Buches überhaupt nicht erwähnt. Sie kommt erst bei den Erscheinungen der erzwungenen Mitschwingung und Dispersion in Kap. X zur Geltung. (Nach Ansicht des Ref. sollte man sie allerdings schon etwas früher, nämlich bei der Begründung der Fresnelschen Formeln für Reflexion und Brechung heranziehen, anstatt, wie S. 135 geschieht, Hilfshypothesen zu benutzen. Daß Fresnel seine Formeln unabhängig von und lange vor Maxwell gefunden hat, beweist nur seine geniale Intuition.) Unter den elektrischen Tatsachen wird zweckmäßigerweise der Elementarvorgang der Hertzschen Dipolstrahlung vorangestellt. Er liefert sofort den Zugang zum Rayleighschen Himmelsblau und zur optischen Bestimmung der Loschmidtschen Zahl. Auch die Dispersionstheorie läßt sich zwanglos daran anschließen.

Es folgen zwei Kapitel, welche der quantenhaften Emission und Absorption von Atomen und Molekülen gewidmet sind. Zu Beginn wird das Planckschе h auf Grund des lichtelektrischen $h\nu$-Gesetzes eingeführt. Daran schließt ein Überblick über die spektroskopischen Resultate insbesondere beim Wasserstoff. Von da aus ist der Weg in die Gefilde der Atomphysik gebahnt, der bis zum anomalen Zeeman-Effekt und Pauli-Prinzip verfolgt wird. Im Zusammenhang mit den Molekülspektren werden die Apsorptionsbanden der Festkörper und die Phosphore abgehandelt.

Am Anfang des Buches findet sich der Satz: „Wir können über die Lichtstrahlung vielerlei sehr bestimmte Aussagen machen. Diese lassen sich aber noch nicht zu einem restlos geschlossenen und allseitig befriedigenden Bilde zusammenfassen." Der Sinn dieses Satzes wird durch Kapitel VIII des Buches „Dualismus von Welle und Korpuskel" erläutert. Daß die tatsächliche Energieübertragung, z. B. beim Photoeffekt, nur von der Photonenvorstellung aus richtig wiedergegeben wird, läßt sich numerisch schlagend nachweisen. Nur diese Vorstellung führt ferner zum Comptoneffekt. Der Dualismus ist nach Meinung des Verf. unbefriedigend. Aber das große Gebiet der Materiewellen zeigt, daß er nicht nur beim Licht, sondern auch bei den Elektronen- und Atomstrahlen unentbehrlich ist.

Das letzte Kapitel bringt einen kurzen, aber inhaltsreichen Exkurs in das Gebiet der physiologischen Optik, insbesondere der Farbenlehre.

Aus diesen wenigen Stichproben ersieht man, daß das Pohlsche Buch nach Anlage und Durchführung im besten Sinne originell und modern ist.

A. Sommerfeld.

Magnesium und seine Legierungen. Bearbeitet von H. ALTWICKER, A. BAUER, A. BECK, H. BOHNER, W. BUCHMANN, R. FIEDLER, G. GOSSRAU, O. KEINERT, P. MENZEN, W. MOSCHEL, E. NACHTIGALL, E. J. DE RIDDER, W. SCHULTZE, H. SELIGER, G. SIEBEL, P. SPITALER, R. SUCHY, H. VOSSKÜHLER, W. H. O. ZIEGLER. Herausgegeben von Dr.-Ing. E. h. A. BECK. Berlin: Julius Springer 1939. XIV, 520 S. mit 524 Abb. 16 cm × 24 cm. Preis RM 54.—, geb. RM 56.70.

Bis vor wenigen Jahrzehnten spielte das Magnesium nur eine ganz untergeordnete Rolle in der Metallwirtschaft. Es wurde in Form von Pulver oder Band in der Pyrotechnik und als geringfügiger Legierungszusatz, vornehmlich von Aluminiumlegierungen, verwendet. Sein niedriges spezifisches Gewicht, das mit 1,7 nur zwei Drittel desjenigen von Aluminium beträgt, veranlaßte mutige Pioniere, an die Schaffung einer neuen Legierungsgruppe auf der Grundlage Magnesium heranzugehen. Auf der „ILA" in Frankfurt a. M. wurden 1909 erstmalig diese als Elektronmetall bezeichneten Legierungen vorgestellt. Wenn ihr geringes spezifisches Gewicht auch eine sehr reizvolle Eigenschaft ist, so weisen diese Legierungen doch andererseits Eigenschaften auf, die ihre Behauptung zunächst sehr erschwerten. Die hohe chemische Reaktionsfähigkeit, die hexagonale Kristallstruktur stellten Hersteller und Verarbeiter vor schwierige und unge-

wohnte Aufgaben. Dem technischen Weitblick und der Energie von GUSTAV PISTOR ist es zu danken, daß in zielsicherer Forschung die Magnesiumlegierungen zu einem heute aus der deutschen Metallwirtschaft nicht mehr wegzudenkenden Faktor geworden sind.

Zu der entwicklungstechnischen Leistung von Laboratorium und Werk Bitterfeld der I.G. Farbenindustrie, wo nahezu die gesamten Arbeiten ausgeführt wurden, gesellt sich mit dem Erscheinen des vorliegenden Buches eine hohe literarische Leistung; stellt das Buch doch in seltener Vollständigkeit eine systematische Behandlung aller das Magnesium und seine Legierungen betreffenden Fragen dar. Der Umstand, daß bisher nur verstreute Veröffentlichungen vorlagen, wird noch mehr dazu beitragen, ihm Beifall und Dank weiter Kreise zu sichern.

Als Herausgeber zeichnet ADOLF BECK, der langjährige und auf diesem jüngsten Leichtmetallgebiet so erfolgreiche Mitarbeiter PISTORS. Die einzelnen Abschnitte sind, ein Zeugnis schöner, kameradschaftlicher Zusammenarbeit, fast ausnahmslos von den Sachbearbeitern in Betrieb und Laboratorien des Bitterfelder Werkes geschrieben. In 6 Abschnitten werden zunächst die Herstellung des Grundmetalls und die physikalischen, chemischen und technologischen Eigenschaften des Magnesiums und seiner Legierungen besprochen. Der Technologie der Verarbeitung sind die nächsten 8 Abschnitte gewidmet. Die Verwendung des Magnesiums als Zusatz zu Legierungen anderer Grundmetalle, seine Verwendung in Pyrotechnik und Thermochemie bilden den Inhalt der nächsten beiden Abschnitte. Sehr konzentriert wird sodann die wirtschaftliche Bedeutung des Magnesiums beschrieben. Den Abschluß bilden eine Zusammenstellung der Verfahren zur chemischen Analyse und eine Patentübersicht, die Herstellung, Verarbeitung und Verwendung des Magnesiums und seiner Legierungen betreffend.

Diese Aufzählung wird genügen, um darzutun, daß hier in der Tat ein Standardwerk geschaffen wurde, das wohl auf lange hinaus der Ratgeber und das Nachschlagewerk in allen das Magnesium und seine Legierungen betreffenden Fragen bleiben wird.

Die würdige Ausstattung des Buches durch den Verlag sei anerkennend hervorgehoben.

E. SCHMID (Frankfurt a. M.).

KÜHN, ALFRED, **Grundriß der Vererbungslehre.** (Hochschulwissen in Einzeldarstellungen.) Leipzig: Quelle & Meyer 1939. VIII, 164 S., 115 Abbild. 14 cm × 22 cm. Preis: geb. RM 5.—.

Verf. hat seine „Erbkunde", den ersten Abschnitt des 1935 gemeinsam mit STAEMMLER und BURGDÖRFER herausgegebenen Bandes, zum selbständigen Buch umgearbeitet und erweitert, das uns das Gesamtgebiet der reinen Vererbungslehre, in stetem Ausblick auf den Menschen und die weiteren Anwendungen in der praktischen Pflanzen- und Tierzüchtung, in einer für absehbare Zeit vielleicht schon endgültigen Form abgrenzt und gliedert, so meisterhaft, wie eben nur KÜHN es vermochte.

Im schärfsten Gegensatz zu den zahllosen Kompendien der letzten Jahre aus den Federn solcher, die über Erblehre schrieben, ohne Biologen zu sein, wird es hier schon in der Einleitung klar, wie zumindest Fortpflanzung, Entwicklung und Vererbung sachlich untrennbar zusammengehören, und dazu zum Verständnis der „Merkmale" alle anderen Zweige der Lebenskunde. Sagte einstmals C. E. VON BAER, in Ordnung sei eine lebenskundliche Wissenschaft immer erst dann, wenn sie sich erfolgreich mit der Entwicklungsgeschichte auseinandersetzt, so kommt nun auch die Erblehre in diesem Sinne exakt „in Ordnung". „Die übertragenen Entwicklungsbedingungen nennen wir Erbanlagen oder Erbfaktoren, ihre Gesamtheit das Erbgut." „Die Gesamtverfassung des Lebewesens, in der seine Einzeleigenschaften in wechselseitiger Beziehung stehen" (= Konstitution), „wird in seiner Lebensgeschichte geschaffen durch die aufeinanderfolgenden Entwicklungsreaktionen auf die Umweltbedingungen nach der erblich festgelegten Reaktionsnorm." Wie verschieden stark im Einzelfalle Erbveranlagung und Umwelt an der Ausbildung der Einzelmerkmale der Persönlichkeit beteiligt sind, das setzt Verf. einleitend an den eineiigen Zwillingen auseinander. — II. Wir hören von den umweltlichen Ursachen der fließenden (fluktuierenden) und der umschlagenden (alternativen) Wandelbarkeit (Variabilität) der Erscheinungsformen (Phänotypus). Umweltbeständigkeit eines Merkmals beruht auf frühzeitiger Determination der seine Verwirklichung entscheidenden Entwicklungsvorgänge. Viele Abwandlungen (Modifikationen) haben Anpassungswert. Die phänotypische Geschlechtsbestimmung, ja die ganze Entwicklung ist ein ungeheures Modifikationsgeschehen, denn das Erbgut aller Zellen eines Individuums ist ja das gleiche. Es antwortet auf die je nach Zeitpunkt und Lage im Keim verschiedenen Entwicklungsbedingungen mit all jenen Differenzierungsvorgängen, die seiner Organisationshöhe entsprechen. Ungeschlechtliche Fortpflanzung, die nie etwas Neues schafft, und die Erscheinungen der Regeneration beweisen dasselbe. Durch Modifikationen paßt sich das Einzelwesen seiner Umwelt an und gliedert seinen Körper im Sinne der Arbeitsteilung der Organe mit verschiedenen Leistungen. Die Erbanlagen wiederum bestimmen den Umfang und die Art der Wechselwirkung zwischen Lebewesen und Umwelt. — III. Nach Schilderung der dem Erbgeschehen zugrunde liegenden Zellvorgänge (Plasma, Kern, Chromosome, Chromomere, Zentralkörper als Selbstteilungskörper, erbgleiche Längsspaltung aller Chromosome beider Sätze in den Körperzellen, je eines Satzes aus der Ei- bzw. der Samenzelle, Keimbahn, Keimzellreifung = Parallelkonjugation + Reduktion auf einen Satz) wird aus den Mendelfällen in Strenge der Begriff des Erbfaktors abgeleitet, um sogleich BOVERIS Synthese zwischen Mendelismus und Chromosomenlehre anzuschließen (homologe Chromosome enthalten allele Erbfaktoren). Es folgen Koppelungsgruppen und Faktorenaustausch (homologe Chromomere enthalten allele Erbfaktoren), ferner die konstanten Eigenarten des Plasmas, die verschiedenen Ausfall reziproker Kreuzungen hervorrufen: Plasmone = Plasmotypen können nicht auf Einzel*stücken* beruhen, wie die in jedem Genom vorhandenen Einzelgene, sondern nur auf Einzel*stoffen*, die durch das ganze Plasma verteilt sind. Die pflanzlichen Plastiden sind jedoch ebenfalls Selbstteilungskörper. So setzt sich das gesamte Erbgut (Idiotypus) zusammen aus Genotypus mit mendelistischem, Plasmotypus mit rein mütterlichem Erbgange, dazu bei den grünen Pflanzen dem Plastidotypus. — IV. Veränderungen des Erbgutes: 1. Genmutationen als einziger Weg, um Erbfaktoren zu erfassen, Mutationshäufigkeit, künstliche Auslösung von Mutationen. Multiple Allelie, Rückmutationen als Gegenbeweis gegen die presence-absence-Hypothese. Wie insbesondere aus der einfachen funktionellen Beziehung zwischen Reizstärke und Häufigkeit der ausgelösten Mutationen hervorgeht, dürfte das Gen seinem Wesen nach ein Einzelmolekül oder ein kristallähnlicher Atomverband sein. Seine Verdoppelung zur späteren Chromosomenlängsteilung ist noch unver-

standen. 2. Chromosomenmutationen: Änderungen im Gefüge des Einzelchromosoms (Bruchstückverluste, Verlagerung, Verdoppelung, Umkehrung, ihr Nachweis im Bilde des Speicheldrüsenchromosoms der Taufliege, cytologische Genlokalisation). Verlust oder Verdoppelung einzelner Chromosome bzw. ganzer Chromosomensätze (Polyploidie) und ihr stammesgeschichtlicher Wert. Verursachung der Plastidenmutationen und Entstehung der Plasmon-Unterschiede sind unbekannt. — VI. *Die Leistungsweise der Erbanlagen.* Die besonderen Entwicklungsreize, die in einem bestimmten Keimesteil auf die im Genom durchaus gleichgestellten Zellen einwirken, rufen zu verschiedenen Zeiten jeweils bestimmte Gene zur Wirksamkeit auf. 1. Zuordnung bestimmter Merkmale zu bestimmten Genen (einseitig, vielseitig wirkende (polyphäne), vielgenige Bestimmtheit eines Merkmales (Polygenie = Polymerie): gleichsinnig additive (Abb. 65, vgl. dazu die genau entsprechende Abb. 12 für dieselbe Wirkung von Außenfaktoren) gibt scheinbar konstant intermediäre Vererbung, bei reiner Dominanz Luxurieren der Bastarde. 2. Ungleichsinniges, sich ergänzendes Wirken der Erbanlagen, komplementäre Polygenie (Kryptomerie, Epistase, Neuheiten, „Atavismen"). Merkmalswahrscheinlichkeit (Penetranz), Merkmalsgrad (Expressivität). Zwei Wege der Genwirkung: innerzellige (z. B. beim Russenkaninchen) und zwischenzellige Genwirkung durch Wirkstoffe (z. B. A-Faktor der Mehlmotte), bzw. durch inkretorische Drüsen. 3. Einfluß auf die Lebenseignung (Vitalität): kein Faktor ist an sich „gut" oder „schlecht", es kommt auf ihr Zusammenpassen zueinander und zu ihrer Umwelt an. — VII. Die Ausbildung eines Merkmals ist eine Modifikation bestimmter Zellen im Rahmen der ererbten Reaktionsnorm. Der Vorgang, in welchem eine Merkmalsbildung ausgelöst wird, heißt Determination. Sie kann lange Zeit vor der Differenzierung liegen. *Prädetermination* liegt vor der Generationengrenze (z. B. rechts- oder linksgewundene Schlammschnecken, 3:1-Verhältnis erst in F_3), Pigmentierung der Raupenaugen bei der Mehlmotte, temperaturabhängige Pigmentierung von Habrobracon). Bei Dauermodifikationen reicht die plasmatische Nachwirkung über viele Generationen und klingt erst spät ab, das Plasma vermehrt sich im abgeänderten Zustande. — VIII. *Bestand und Veränderung der Arten und Rassen in der Natur.* 1. Die natürliche Gliederung der Arten in Rassen. Es sind zu unterscheiden Mendelrassen (Biotypen) als Arbeitsbegriff der experimentellen Erblehre, Zuchtrassen der Nutztiere mit ihren häufigen Domestikationsschäden, natürliche Rassen, die in ihrer Umwelt erhaltungsfähig sind: geographische, Standorts- oder ökologische Rassen. Eine Art spaltet sich über Rassentrennung in mehrere Arten auf. „Die Anpassung einer Art an neue Bedingungen besteht in der Ausbildung einer neuen Rasse mit geeigneter Reaktionsnorm." Ursachen geographischer Verbreitung. 2. Erbunterschiede zwischen natürlichen Rassen und Arten: Genhäufigkeit (Beispiel simplex-Feldmaus und andere). Der Stammbaum der Inversionen bei *Drosophila pseudoobscura.* Die natürlichen Arten und Rassen sind auseinander durch Gen-, Chromosomen- und Genom-Mutationen entstanden. 3. Vorgang der Artumbildung. Verdeckte Mutationen sind in der Natur keineswegs selten. Genverlust durch geographische Isolierung (Inseln, Täler, Berggipfel). Gegeneinander von Mutationsdruck und Selektionsdruck. Natürliche Auslese vereinheitlicht durch Ausmerze der weniger Geeigneten die Erbveranlagung der Bevölkerung, während Domestikation durch Wegfall des natürlichen Kampfes ums Dasein sie verwickelt. Da aber jede Auslese immer nur an den Phänotypen angreift, so fallen nur die dominant und die intermediär schädigenden Gene sogleich aus; recessive können sich versteckt so anreichern, daß ihre Paarung und das Auftreten recessiver Stücke wahrscheinlich wird. Hierin besteht die besondere Gefahr des Fortfalls der Auslese, wie auch die der Inzucht. — Die Kleinevolution ist also durch Mutation und natürliche Auslese durchaus verständlich, Darwin und A. Weismann behalten recht. Ganz unklar dagegen ist noch die Evolution der größeren systematischen Einheiten. — Die nächsten Forschungsaufgaben gelten den Fragen nach der Natur der Gene, weiterer Synthese zur Entwicklungsphysiologie und der Rassenwandlung in der Natur.

Die Knappheit der Sprache, die Verf. sich auch in diesem Lehrbuch auferlegt, und sein Voraussetzen der endgültig abschließenden Formulierungen bedingen eine erstaunliche Konzentration des Stoffes; zu ausführlichen Herleitungen läßt Verf. sich nirgends Raum. Doch steht jeweils das bestmögliche Beispiel daneben, in einer Figur mit Unterschrift ebenfalls auf die möglichst sparsame Form gebracht, so daß, wer die Beispiele wirklich durcharbeitet, überall den streng induktiven Werdegang der Forschung miterlebt, auf dem sie zu den mitgeteilten Aussagen kam. Die sprachliche Meisterschaft und die durchweg prächtig geglückten Verdeutschungen der fremdsprachigen Fachausdrücke, von denen diese Besprechung nur wenige wiedergeben konnte — sie enthält vermutlich mehr Fremdwörter als das ganze Kühnsche Buch —, machen den Text ungemein lesbar. Für den Anfänger könnte hierin eine gewisse Gefahr liegen, insofern als Betonung und Aufforderungswert des Fremdwortes zum Nachdenken wegfallen, wie er auch die scharfen Begriffsabgrenzungen gegen einen mißdeutenden anderen Sprachgebrauch vergessen kann. Dennoch wüßte ich auch für den Anfänger weit und breit kein besseres Vererbungsbuch. Allerdings soll er ja nicht glauben, es sei mit einmaliger Lesung getan, und dasselbe gilt genau so für den Erfahrenen. Auch er wird sich der wunderbaren, erstmaligen Einheit dieser Darstellung erst allmählich bewußt, wenn er sie immer wieder zu Rate zieht, gleich mit welchen Fragen er sich gerade beschäftigt. Je einfacher es klingt, desto mehr steckt darin. Dies Buch ist keine Erblehre im alten Sinne, sondern die erste voll geglückte Eingliederung der Erblehre in den Gesamtbereich biologischen Wissens, vielleicht mit einziger Ausnahme der Verhaltenslehre. Bahnbrechend sind vor allem die Kapitel VI und VII in ihrer vom Verf. und seiner Schule uns neugeschenkten Synthese zur Entwicklungsphysiologie; nicht minder ist das stammesgeschichtliche Schlußkapitel ein wohlgegründetes Arbeitsprogramm von unerhörter Verantwortlichkeit. Möchten gerade diese Abschnitte jungen Nachwuchs zum Mitforschen begeistern!

Das größte Lob aber, das hier am Platze ist, bedeutet die Feststellung, daß Kühn sich durchaus streng an seine Anweisung im Vorwort gehalten hat: „Je mehr eine Wissenschaft Bedeutung für andere Wissenszweige und für das praktische Leben gewinnt, desto mehr muß sie, auch für den Fernerstehenden klar sichtbar, das sicher Erkannte von dem Vermuteten oder noch ganz Fraglichen scheiden." — So fertig das alles klingt, wie es dasteht, so fertig ist es wirklich; und doch findet der sorgsam mitdenkende Leser das vielleicht Wertvollste, die Programme für fruchtbares Weiterarbeiten, überall zwischen den Zeilen.

O. Koehler, (Königsberg i. Pr.).

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Fritz Süffert, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.